Digitized by Google

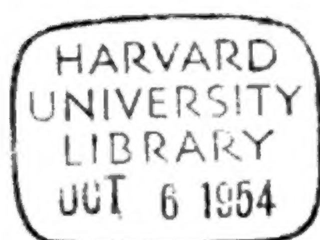
VE
RI
TAS

ALLGEMEINE
PHYSIOLOGIE
DES
KOERPERLICHEN LEBENS.

VON

DR. RUDOLPH HERMANN LOTZE
PROFESSOR IN GÖTTINGEN.

LEIPZIG,
WEIDMANN'SCHE BUCHHANDLUNG.
1851.


HARVARD
UNIVERSITY
LIBRARY
OCT 6 1954

HERRN

D^R. RUDOLPH WAGNER

HOFRATH UND PROFESSOR DER MEDICIN

ZU

GÖTTINGEN

HOCHACHTUNGSVOLL ZUGEEIGNET

VOM

VERFASSER.

VORWORT.

Einer weitläuftigeren Darstellung des Gesichtspunktes, von dem aus die vorliegende Arbeit unternommen worden ist, überhebt uns die Ausführlichkeit, mit welcher im ersten Buche die theoretischen Grundlagen der Betrachtung auseinandergesetzt worden sind. Vielen wird diese Entwicklung allzu weitschweifig erscheinen, und auch mir selbst ist sie eine unerfreuliche Arbeit gewesen, deren Nothwendigkeit jedoch für den Leserkreis, den ich voraussetzte, mir gewiss war. Denn dass dieses Buch nicht den Anspruch macht, durch ungeahnte Principien der Untersuchung die Wissenschaft selbst plötzlich neu zu gestalten, oder durch umfassende Vollständigkeit der Einzelheiten dem Kundigen neue Gesichtspunkte der Vergleichung zu geben, wird Jeder sich selbst sagen, der die Unmöglichkeit der erstern Leistung überhaupt, die der zweiten auf dem Raume, den ich dieser Schrift bestimmt hatte, bedenkt. Sie ist gänzlich dem Zwecke der Schule gewidmet und bestimmt, der lernenden Generation über eine Anzahl von Zweifeln hinwegzuhelfen, über welche eignes Nachdenken nicht immer und nicht ohne Aufopferung vieler Zeit zur Klarheit bringt. Ist sie ausserdem geeignet, über einzelne Punkte neues Licht zu verbreiten, oder eine allgemeine Anschauung des Lebens zu erwecken, die für den Fortgang der Wissenschaft von Nutzen sein kann, so würde mir dies eine angenehme Entschädigung für die Missstimmung sein, welche bei vielen andern Gelegenheiten die Unmöglichkeit erweckt, mit dem bisherigen Stande unserer Erkenntnisse den nothwendigen Aufgaben einigermassen zu genügen. Ueber die Auswahl dessen, was ich zur Darstellung gebracht habe, wird man mich im Allgemeinen, wie ich hoffe, nicht tadeln. Niemand, ausser einem gebildeten Publicum von Laien in der Medicin, dem ich nicht absichtlich

durch Weglassung aller Beschreibung von Formen und Thatsachen ein mir erfreuliches Verständniss erschweren wollte, wird meine Schrift lesen, ohne daneben und vorher sich aus den speciellen Lehrbüchern der Wissenschaft über die Einzelheiten der Beobachtung detaillirt zu unterrichten. Ich habe daher benutzt, was mir einige Ausbeute versprach, und je empfindlicher es mir früher oft fiel, in andern ähnlichen Schriften da, wo ich allgemeine Reflexionen erwartete, immer wieder nur dem leicht zu habenden Detail vergleichender Anatomie zu begegnen, aus dem bis jetzt grösstentheils nichts zu schliessen ist, um so weniger habe ich auf descriptive Vollständigkeit Rücksicht genommen. In andern Fällen entschieden andere Gründe. Arbeiten, wie die von Dübois über Elektricität, von Volkmann über Hämodynamik, von Wagner über die primitiven Elemente der Nerven und ihre Function und viele von ähnlicher Vortrefflichkeit und von gleichem Werthe für die specielle Physiologie gewähren doch noch wenig für die allgemeine. Namentlich würde sich der unmittelbare Vortheil, den die Physiologie von dem entscheidendsten Beweise der Identität von Nervenprincip und Elektricität haben würde, gewiss unerwartet gering herausstellen. Ich kann jedoch diese Rechtfertigung abbrechen; meine Schrift ist nicht das letzte Wort in der allgemeinen Physiologie, sondern kaum ein kleiner und sehr unvollkommner Anfang; was ihr mangelt, werden Andere mit glücklicherem und umfassenderen Blick ersetzen, und besonders wird die Zeit, indem sie meine Bemühungen in Vergessenheit bringt, neue Ansichten, Kenntnisse und Methoden entstehen lassen, die den vorhandenen concreten Aufgaben in viel höherem Masse gewachsen sind, als was wir jetzt besitzen.

Göttingen Ostern 1851.

H. Lotze.

INHALT.

ERSTES BUCH.

GRUNDBEGRIFFE UND GRUNDSÄTZE DER ALLGEMEINEN PHYSIOLOGIE.

Allgemeine Betrachtungen beschäftigen zu verschiedenen Zeiten den menschlichen Geist; sie erfüllen mit lebendigen Ahnungen die bedürftige Kindheit der Wissenschaft und leiten die fortgeschrittene Untersuchung durch den Reichthum einzelner Kenntnisse, der sie zu verwirren droht. Aber während der langen Zeit, welche dieser Entwicklungsgang einer Wissenschaft füllt, hat sich der Inhalt des Allgemeinen, welches wir suchen, allmälich für uns verwandelt; es sind nicht mehr dieselben Räthsel, welche die beginnende Wissenschaft bewegten, und von denen jetzt die zweifelnde Untersuchung einen Abschluss ihrer Bestrebungen erwartet. Dem Wandernden enthüllt der Fortschritt seines Weges nicht nur nach und nach die Theile der Gegend, die seinen früheren Standpunkten unsichtbar waren; auch das schon Durchwandelte gewinnt oft eine neue Beleuchtung durch die plötzlichen Verschiebungen, mit denen eine Wendung des Weges den Anfängen der Landschaft einen unvermutheten Abschluss gibt, oder eine anscheinende Begrenzung in einen neuen Fortschritt auflöst. Werth des Gefundenen, Ziel der weiterstrebenden Sehnsucht wird in der Wissenschaft wie im Leben häufig Schritt für Schritt neu bestimmt, und nur selten ertheilt eine ungewöhnliche Gabe der Voraussicht schon unserem Anfang eine Richtung, welche die Ergebnisse des Fortschrittes nicht zu verändern nöthigen.

Diese Verwandlung unserer Ziele empfinden wir auch bei dem Ueberblicke des Gebietes, dem jetzt unsere Bemühungen gelten sollen. Auch die Betrachtung des Lebens wird erst in ihrer Fortbildung ihrer wahren Aufgabe sich völlig bewusst, und indem ihre jetzige Entwicklung zur Wiederaufnahme allgemeiner Betrachtungen auffordert, erweckt sie zugleich das Gefühl des Unzulänglichen nicht in den Ergebnissen allein, sondern auch in den Bestrebungen, die frühere Zeiten auf dasselbe Ziel gerichtet uns hinterlassen haben. Die Thatsachen, deren Erkenntniss un-

sere Wissenschaft bereichert hat, weisen uns nicht mehr in dieselbe Gegend hinaus, in der jene die Quelle der Erklärung vermutheten; manche einzelne Entdeckung hat plötzlich neue Gebiete von Aufgaben aufgeschlossen; mancher allmälich erreichte Standpunkt hat die Gewohnheiten selbst des Fragens und der Untersuchung völlig verändert. So fühlen wir uns mannigfach unbefriedigt durch das, was die Vorzeit überliefert hat, und was einzelne Zeitgenossen uns wiederholen, ohne doch damit unsere neu entstandenen Bedürfnisse decken oder uns den Sinn für Betrachtungsweisen wieder geben zu können, deren Richtung und Ziel wir mit Klarheit für Täuschungen erkannt haben.

So weit ist diese Veränderung der wissenschaftlichen Gewohnheiten nur die natürliche Gerechtigkeit, mit der stets entwickeltere Standpunkte die anfänglichen Versuche richten. Aber durch eine unvermeidliche menschliche Unvollkommenheit knüpft sich an sie eine ungerechte Unterschätzung mancher Bestrebung, die wir im Gegentheil in unserer Wissenschaft lebendig erhalten sollten. Je schärfer die Bildung einer Zeit einen bestimmten Punkt hervorhebt und nach allen Seiten beleuchtet, um so achtloser pflegt sie andere Theile ihres Gegenstandes in das Dunkel zurückfallen zu lassen. Nie ohne irgend eine Einseitigkeit, begünstigt jede Zeit eines lebhaften wissenschaftlichen Aufschwungs eine Richtung der Forschung vor andern, je nach der minderen Schwierigkeit, welche die Gegenstände für den Augenblick nach irgend einer Seite hin der Untersuchung entgegenstellen. Je mehr aber der Einzelne von dieser herrschenden Strömung fortgezogen wird, desto fremder wird ihm jeder seitab liegende Gedankenkreis früherer Ansichten, dem er keine bestimmte Beziehung zu dem Ziele seiner eigenen Bewegung zu geben weiss. Und dennoch wird auch er nicht umgehen können, auf alle jene Anforderungen des Gemüthes eben sowohl als des wissenschaftlichen Geistes zu hören, aus denen viele jener Ansichten, längst veraltet in den Augen unserer Zeit, entsprungen sind; denn jene Forderungen bestehen eben nicht in einfachen wissenschaftlichen Vorurtheilen, sondern in unaustilgbaren Sinnesarten und Voraussetzungen, mit denen nun einmal von jeher die Menschen sich den eindrucksvollen Erscheinungen der Natur gegenüberstellen. Während jedoch die langsame Entwicklung der Wissenschaft jedem

dieser Standpunkte eine volle und allseitige Entfaltung gestattete, wird in dem Einzelnen, der in die Kürze seiner eignen Entwicklung zusammendrängen muss, was dort geraume Zeiten füllte, die hastige Wiedererzeugung dieser verschiedenen Betrachtungsweisen schwerlich jede derselben zur Klarheit reifen und in ihre natürlichen Beziehungen zu andern eintreten lassen. Um so störender, je mehr ihnen ihr rechtmässiger Antheil an der Gestaltung unserer Ueberzeugungen abgeschnitten wird, drängen sie sich heimlich wieder ein, und unfähig, sich zu dem Ganzen einer abgeschlossenen Ansicht zu vereinigen, durchkreuzen sich auf die ungeeignetste Weise die einzelnen Gedankenkreise, die aus verschiedenen gleich unabweisbaren, aber unvermittelt gelassenen Bedürfnissen unsers Geistes entspringen. So sehen wir es wohl geschehen, dass den Einen, nahe vielleicht dem Ende einer wissenschaftlichen Laufbahn, plötzlich die verspätete Ahnung überwältigt, wie das, was er aus klarster Ueberzeugung als Traum verfolgte, nun doch seine Wirklichkeit hat. Aber unfähig, dieser neuen Macht eine bestimmte Beziehung zu dem zu früh abgeschlossenen Kreise seiner Ansichten zu geben, muss er sich mit dem begnügen, was der Andere von Anfang an vorzog, mit einer doppelten Beurtheilung derselben Dinge nämlich, über die er anders in der Wissenschaft und anders im Leben denkt; in jener einem einseitigen Vorurtheil folgend, in diesem widerstandslos allen wechselnden Anregungen hingegeben, mit denen die Tiefen unsers Gemüths unser Urtheil über die Dinge bestimmen.

Gewiss irren wir deshalb nicht, wenn wir meinen, dass das Misslingen allgemeiner Untersuchungen viel seltner von den Schwierigkeiten herrührt, die sich zwischen uns und einem deutlich gesehenen Ziele erheben; viel öfter dagegen von der Unkenntniss und der Vermischung der Bedürfnisse, die überhaupt zur Stellung der Fragen und zur Führung einer Untersuchung veranlassen. Gilt dies im Allgemeinen, so dürfen wir davon in nicht geringem Grade die Anwendung auf unsern besondern Gegenstand, die Natur des Lebens, machen. Wer das, was in den Betrachtungen über diese höchste Form des natürlichen Daseins geirrt worden ist, auf wenige Fehler der Erkenntniss zurückführen wollte, würde gewiss nur die geringsten Quellen dieser Irrungen und sicher diejenigen nicht auffinden, aus denen man-

cherlei falschen Meinungen ihre kaum zu vertilgende Ueberredungskraft stets wieder neu zuwächst. Gar viele Quellen fliessen hier zusammen; mit Forderungen des Denkens haben sittliche Voraussetzungen, Bedürfnisse des Glaubens, ästhetische Stimmungen sich zur Erzeugung der Ansichten verbunden, und der vereinigten Kraft, mit der diese grossentheils unbewusst wirkenden Mächte unser Gemüth bald in Wahrheit, bald in Irrthum beherrschen, soll die richtige Erkenntniss ihre Sicherheit verdanken, und verdankt in Wirklichkeit auch der Irrthum jene Unverwundbarkeit für alle Widerlegung, die wir so oft an ihm zu bewundern finden. Man darf diese Umstände nicht zu gering schätzen, indem man vielleicht einwendet, dass die Betrachtung einer Naturerscheinung, wie das Leben eine darstellt, zu weit von dem eigenthümlichen Gebiete jener geistigen Mächte abliege, um ihnen einen beträchtlichen Einfluss auf die Gestaltung der Ansichten zu gestatten. Ihnen allen gebührt vielmehr an derselben ein nicht unbedeutender, obgleich sehr mittelbarer Antheil; die nachtheiligen Wirkungen aber, die ihre verkehrte Herrschaft herbeiführen kann, würden sich viel leichter auf ihrem besondern eigenthümlichen Gebiete beseitigen lassen, als gerade auf einem solchen, auf welches sie nur mittelbar und in schwer fassbaren Zügen ihren Einfluss ausdehnen.

Unsere erste Mühe muss daher darauf gerichtet sein, zu zeigen, wie viele und wie verschiedenartige Bedürfnisse der ungeduldige Wunsch nach Aufklärung einschliesst, und auf welche Weise die Untersuchungen, die von so verschiedenen Gesichtspunkten ausgehen, auseinandergehalten, ihre Ergebnisse aber in eine Gesammterkenntniss vereinigt werden müssen. Sind wir nun genöthigt, bei diesen Betrachtungen Manches zu berühren, was den besonderen Zwecken der Heilkunst, in deren Dienst diese Untersuchungen geführt werden, ferner steht, so mögen uns zwei Gründe entschuldigen. Zuerst die Erinnerung, dass eine allgemeine Lehre vom Leben nicht nur der fruchtbare Boden für die einzelnen Anwendungen der Heilkunst, sondern auch ein Gebiet sein soll, auf welchem die Ansichten eines begrenzten Berufes mit all demjenigen Verkehr haben, was von umfassenderem Werthe auch das übrige menschliche Leben bewegt. Einmal wenigstens, am Anfange der Wissenschaft, ziemt es sich, auch das

zu bedenken, was rings umher liegt, und worauf die Richtung, in der jeder sich zu den einzelnen Bedürfnissen des Lebens verliert, seinen Blick nicht so leicht wieder lenken wird. Dann aber bestimmt uns zu der ausführlichen Erwägung dieser Vorfragen die Rücksicht auf den gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft, der unfähig, wie er ist, allgemeine Betrachtungen von grossem Inhaltsreichthum zu gestatten, um so mehr eine umfassende Bildung des Urtheils im Ganzen erheischt. Was nun alles dazu beitragen kann, unter den Schwierigkeiten, die jetzt uns schon drücken, und die der Fortschritt der Beobachtungen täglich mehren kann, in dem Streite ferner der Ansichten, die sich jetzt von den entgegengesetztesten Standpunkten bekämpfen, eine sichere Grundlage der Beurtheilung zu gewinnen, das wollen wir hier zu vereinigen suchen. Und selbst wenn wir nichts lernten, als Fragen zu stellen, deren künftige Beantwortung der Wissenschaft Dienste leisten kann, wollen wir für die zahlreichen Lücken entschädigt zu sein glauben, die unsere mangelhaften Kenntnisse im Einzelnen noch ungefüllt übrig lassen.

ERSTES KAPITEL.

Von den verschiedenen Arten der Naturauffassung.

---

§. 1.

Uebersicht der möglichen Standpunkte.

1. Bei allen Völkern haben die Betrachtungen über die Natur bei jenem schwierigsten Punkte begonnen, den die allmälig aus ihnen erwachsene Wissenschaft fast in jeder Beziehung noch unaufgehellt gelassen hat: Träume über den *ersten Ursprung* der Schöpfung gingen stets dem Versuche voran, das *Bestehende* aus seinem *bestehenden Zusammenhange* zu erklären. Diese Neigung der Gedanken ist nicht wunderbar; sie wiederholt sich vielmehr in dem Bildungsgange jedes Einzelnen. Je weniger noch der Eindruck, den das Ganze der Welt auf uns macht, durch vielseitige Kenntniss ihrer verschiedenen Theile zer-

splittert wird, um so weniger wird das lebendige Bestreben des Gemüths gehemmt, Alles, woran es Antheil nimmt, in eine grosse Einheit zusammenzufassen. So wird die Betrachtung geneigt, jede Aufklärung über einen einzelnen Gegenstand nur in seinem Verhältniss zu dem Ganzen zu suchen. Anstatt jedoch dieses zusammenfassende Band des Vorhandenen in einem stets ebenso gegenwärtigen und unvergänglichen Zusammenhange der Gesetze und Kräfte zu finden, nimmt diese Bestrebung aus einem natürlichen Hange des Geistes zuerst die Wendung, das Bestehende in seinem Werden aufzusuchen und aus ihm zu erklären. Denn am nächsten liegt dem menschlichen Geiste die Betrachtung des geistigen Lebens; Handlungen aber, aus Gesinnungen entspringend und in Veränderungen äusserlicher Zustände auslaufend, bedürfen stets eines Zurückgehens auf jene ihre inneren Quellen, um in ihrer vollen Bedeutung erkannt zu werden, die sich nie in dem durch sie erzeugten neuen Thatbestande völlig erschöpft. Deshalb ist es uns natürlich, dass wir das wahrhaft Wesentliche auch eines unbeseelten Gegenstandes zuerst nur in der Art seiner Entstehung, gewissermassen auf die Gesinnung zurückgehend, die ihn gebar, einzusehen meinen, und nur schwer gewöhnen wir uns für die Betrachtung der physischen Welt an den Glauben, dass die volle Natur eines Dinges sich in dem gegenwärtigen Bestande seiner Eigenschaften und Beziehungen erschöpfen könne, ohne eine Ergänzung durch die Geschichte seines Ursprungs zu bedürfen.

2. Einen andern Hang des Geistes müssen wir hinzufügen. Räthselhaft erscheint uns zunächst das Einfache, Unvermittelte, das ferner, dessen innere Verknüpfung keine anschauliche Wahrnehmung gestattet. Je mehr Glieder einer Vermittlung, je mehr Einzelheiten überhaupt irgend einer Art sich einer sinnlichen Anschauung darbieten, um so begreiflicher erscheint uns der Gegenstand. Beschäftigt durch die wachsende Menge dessen, was es an ihm wahrzunehmen und zu sehen gibt, durch den Reichthum und den allmälichen Uebergang der Bilder, vergisst die Einbildungskraft gern, dass ihr durch dies Alles doch eigentlich nur ein grösserer Stoff der Betrachtung gegeben ist, dass dagegen das Räthsel des inneren Zusammenhangs zwischen je zwei nächsten Gliedern einer solchen Kette meist noch ebenso unauf-

gelöst da liegt, wie es zwischen dem Anfangs- und Endglied, nur vielleicht in auffallenderer Gestalt, vorhanden war. Stets wird daher ein noch unbefangenes Gemüth über jede solche Frage am leichtesten durch eine Erzählung befriedigt, die den gegenwärtigen Thatbestand der Erfahrung als das Ende einer mannigfaltigen Geschichte darstellt, deren einzelne Bilder die Kluft zwischen Anfang und Ende freilich nur täuschend ausfüllen, indem sie die Schroffheit des Ueberganges durch Theilung des Abstandes mildern. Spät erst lernen wir begreifen, dass das Werden der Dinge schwieriger einzusehen ist, als ihr Bestehen, und wenden uns dann von den Geschichten zur Beobachtung der Gegenwart.

3. Wie wenig wir nun auch dem menschlichen Geiste verargen können, seine Kräfte auch an dieser Frage nach der Herkunft aller Dinge zu versuchen, und wie gewiss auch ohne irgend eine Beantwortung derselben unsere Weltansicht unvollständig bleiben muss, so ist doch leicht einzusehen, dass solche Bemühungen nie den Anfang der Wissenschaft bilden können, und dass jede Zeit, die sich ihnen ohne Vorbereitung hingibt, in der Geschichte sowohl als in der Bildung des Einzelnen nur als eine vorwissenschaftliche zu betrachten ist. Welche Ueberzeugung man sich nämlich auch immer über den Umfang und den Inhalt der unserm Geiste eingeborenen Wahrheit gebildet haben mag, so viel räumt dennoch Jeder ein, dass nur allgemeine Wahrheiten von uns mit unmittelbar zwingender Nothwendigkeit erkannt werden. Dagegen finden wir in unserm Innern keine ursprüngliche Erleuchtung über die Geschichte der Welt, weder über ihren Thatbestand, noch über seinen Ursprung, noch über die Richtung seiner weiteren Umwandlungen; wir finden vielmehr nur allgemeine Grundsätze, nach denen alle Ereignisse der einmal bestehenden Welt sich für unsere Erkenntniss richten müssen; und nur mit ihrer Unterstützung können wir aus der gegenwärtigen Erfahrung die Zukunft voraussagen, oder Thatsachen der Vergangenheit rückwärts errathen. In beiden Richtungen wird mithin der Gedanke nur soweit fortschreiten, als ihm die jetzige immer anwachsende Erfahrung oder die Ueberlieferung von Thatsachen der Vorzeit einen festen Boden verschafft; aber weder die erste wird uns bis an das Ende der Dinge hinab, noch die andere bis an ihren Anfang zurück begleiten. Alle Hoffnung, über die Ursprünge der

Schöpfung eine irgend begründete Auskunft zu erlangen, beruht deshalb auf der vorangehenden Kenntniss des Gegenwärtigen, aus dessen Lage und Gestaltung wir allein vermöge allgemeiner Grundsätze die Richtung bestimmen können, in welcher die Mannigfaltigkeit der Welt nach einem gemeinsamen Anfangspunkte convergirt. Die eigentliche Wissenschaft der Natur beginnt mit der unerlässlichen Voraussetzung, dass das Bestehende aus sich selbst in seinem Bestehen und seinen Bewegungen erklärlich ist, und diese innere Gesetzlichkeit eines abgeschlossenen Ganzen, das unserer Erfahrung offen steht, umfasst ihre wahren Gegenstände. Jene Fragen dagegen, welche den Zusammenhang des Gegebenen mit vorausgesetzten Gründen betreffen, denen keine Erfahrung nachkommen kann, müssen wir als ein Gebiet betrachten, an dem wir zwar von allen Seiten mit Hilfe anderer Kenntnisse mehr und mehr Theile wissenschaftlich abzubauen versuchen dürfen, das wir aber nicht hoffen können, jemals ganz in Wissenschaft zu verwandeln.

4. Diese Bemerkungen können überflüssig erscheinen, weil die Gegenwart diesen Standpunkt unwissenschaftlicher Betrachtung für ganz überwunden hält. Allerdings kommt man selten offen auf ihn zurück; die einzelnen Erscheinungen des Lebens glaubt Niemand durch die Geschichte der Schöpfung aufklären zu können. Aber das Ganze des Lebens unterscheidet sich durch so merkwürdige Züge von dem übrigen Gebiete der Natur, dass es häufig aus diesem unerzeugbar erscheint. In der ununterbrochenen Kette der Generationen unterhalten, wird es leicht als etwas der übrigen Natur Fremdartiges angesehen, dessen Vorhandensein in ihr sich nur aus einer alle Gegenwart übersteigenden Ueberlieferung begreifen lasse. Ein gewisser Hang ist uns daher zurückgeblieben, die Betrachtung gerade des Lebens durch Vermuthungen über seine erste Entstehung einzuleiten. Nun können solche Versuche verschieden angesehen werden. Man kann sie ausführen als einer Frage von eigenthümlichem Interesse geltend, aus deren Beantwortung sich erst die volle Bedeutung des Lebens im Ganzen des Weltlaufs entwickeln würde. So aber aufgefasst ist eben diese Beantwortung gewiss nur möglich unter der Voraussetzung genauer Kenntniss des gegenwärtigen Daseins dessen, dessen Ursprung wir suchen wollen; sie bildet das Ende, nicht den

Anfang der Wissenschaft. Man kann aber auch meinen, durch die Auflösung jenes Räthsels in der Erkenntniss des Lebens in seinem gegenwärtigen Bestande gefördert zu werden. Auch dies jedoch mit Unrecht. Denn welches auch sein Ursprung sein, welche Kräfte oder Elemente sich zu seiner Begründung in irgend welcher Form verbunden haben, oder welcher geheimnissvolle Keim auch immer sich in seine bestehenden Erscheinungen entfaltet haben mag, fortdauernd erhalten kann sich das Leben doch nur durch Mittel, deren Wirksamkeit in die Zeit fällt, in der es sich erhält, und den Gesetzen unterthan ist, die in dieser Zeit so wie in dem Kreise der Stoffe und der Umstände gelten, mit denen zusammentreffend es diese Erhaltung vollzieht. Die Erscheinungen des Lebens bilden für unsere Beobachtung einen abgeschlossenen Kreis der Keimung, Entfaltung und neuer Keimbildung; so wie es aus dieser zusammenhängenden Kette nicht heraustritt, haben auch wir zuerst nicht nöthig sie zu verlassen. Indem wir vielmehr ihren einheimischen Zusammenhang und ihre Verknüpfung mit der gegenwärtigen umgebenden Welt erforschen, dürfen wir uns die Frage nach der ersten Entstehung dessen, was in diesem Kreislaufe sich entwickelt, als Gegenstand einer abgesonderten Betrachtung aufsparen.

5. Naturansichten von wissenschaftlicher obgleich sehr verschiedenwerthiger Bedeutung beginnen da, wo der Grund, auf welchen die Erscheinungen zurückgeführt werden, sich als eine die wirkliche vorhandene Natur beständig beherrschende Macht aufzeigen und den Blicken der Erfahrung darstellen lässt. Auch hier können die verschiedenartigsten Bedürfnisse des Geistes bei der Gestaltung der Ansichten noch thätig sein. Ohne die Mannigfaltigkeit der daraus entstehenden Auffassungen schon hier, wo wir ihnen keine nähere Beziehung zu unserm eigentlichen Gegenstande geben könnten, aufzählen zu wollen, müssen wir doch drei hauptsächlich hervorstechende Sinnesarten bezeichnen, aus denen verschiedene Gruppen von Meinungen und wissenschaftlichen Richtungen hervorgehen. Wie wir im Leben bald durch Eingebung, bald durch Erfahrung, bald durch Berechnung uns leiten lassen, so wiederholen sich diese Weisen, die Dinge anzusehen und mit ihnen umzugehen, auch in den Ansichten der Natur.

6. Die Geschichte der Wissenschaft beginnt mit derselben Stellung des Bewusstseins gegenüber der Natur, mit der auch unser eigner Bildungsgang im Einzelnen anhebt. Bedürfnisslos und noch zweifelfrei den Erscheinungen gegenübergestellt, haben wir am Anfange keine wissenschaftliche Fragen über sie aufzuwerfen, sondern geben uns empfänglich nur dem Eindrucke hin, den sie auf unser Gemüth ausüben. Wie tiefes Dunkel auch noch den Zusammenhang der einzelnen Ereignisse und die Art ihrer Verwirklichung decken mag, die grossen Umrisse des Ganzen und ihre sinnvolle Bedeutung drängen sich schon früh in unzähligen sprechenden Zügen auf, und regen zu dem Unternehmen an, die sinnliche Wahrnehmung als Erscheinung einer übersinnlichen Wahrheit auszudeuten. So sehen wir die erste Zeit des menschlichen Geschlechts sagenhaft ein Bild der Welt entwerfen, in welchem aus jeder einzelnen Gestalt der Natur der bedeutungsvolle Gedanke hervorblickt, zu dessen Verkörperung sie berufen ist, und eben so weiss der jugendliche Geist immer viel eher die entlegensten Erscheinungen in einem innern Zusammenhange ihres Sinnes aufzufassen, als er noch die Wege kennt oder aufzusuchen ein Bedürfniss fühlt, auf denen der Zusammenhang ihrer gegenseitigen Wechselwirkung entsteht. Mit jenem sorglosen Selbstgenusse des jugendlichen Gemüths, das der lebendigen Folgsamkeit gelenker Glieder gewiss, noch nicht ahnt, welchen Widerstand die Gebote derselben Seele einst an der Gebrechlichkeit ihres natürlichen Werkzeugs finden werden, lassen diese Ansichten auch in der äussern Natur Alles den Befehlen eines vorbildenden Gedankens unmittelbar folgen und von seinem Hauche die Last der Wirklichkeit leicht und widerstandlos bewegt werden. Ohne Zweifel verdanken wir alle solchen Auffassungen eine Reihe der glücklichsten Anregungen, und die Geschichte der Wissenschaft würde nicht so viele wiederholte Versuche zählen, die Erscheinungen der Natur aus einem beseelenden Gedanken nacherzeugend zu erklären, wenn nicht ein unaustilgbares Bedürfniss des Geistes immer wieder zu ihnen aufforderte. Dass dies Reich von Gestalten und Bewegungen, das uns umgibt, nicht das letzte Ziel der Natur sei, dass vielmehr alle diese räumlichen und zeitlichen Zusammenhänge nur andeutende Zeichen eines werthvollen Gedankens sind, der den wahren Inhalt der Welt

bildet, dies ist dem unbefangenen Geiste eine gewisse Zuversicht, deren Gutes wir nicht verloren geben wollen, wie sehr auch vereinzelte Betrachtungen des Verstandes zweifelnd und zerstörend sich gegen sie kehren.

7. Aber die meisten jugendlichen Bestrebungen bedürfen einer Umgestaltung, wenn sie dem Ganzen unserer spätern Entwicklung bleibend angehören wollen, und jene Auffassung zeigt allerdings viel von der allgemeinen Weise des jugendlichen Geistes, von dem sie ausging und von dem sie stets wieder am lebhaftesten aufgenommen wird. Denn der Sinn der Jugend schreitet vom Einzelnen nicht zum Allgemeinen, sondern zum Ganzen fort; er scheut es, die untheilbare Lebendigkeit einer Erscheinung durch zergliedernde Zurückführung auf allgemeinere und darum weniger anschauliche Bedingungen zu verletzen; er liebt desto mehr, jedes Ereigniss, jede Gestalt mit der vollen unauflösbaren Eigenheit ihres Wesens dem sinnvollen Plane eines Ganzen bedeutungsvoll einzureihen. Unbekümmert überall um die Mittel, schöne Traume zu verwirklichen, kennen diese Ansichten auch hier nur ein freiwilliges Entgegenkommen des Einzelnen, das sich zum Ganzen fügt, keinen allgemeinen Weltlauf, der dies Ergebniss durch die Anstrengung wirkender Mittel zu Stande bringt. Dies ist der märchenhafte Sinn der Jugend, der eine Welt kennt, in der die Dinge an Orten erscheinen, wohin ihr Zweck sie ruft, ohne dass sie nöthig hätten, zwischenliegende Entfernungen zu durchlaufen, in der dem Wunsche die Erfüllung folgt, ohne dass klug benutzte Kräfte sie zu vermitteln brauchten, eine Welt überhaupt, in der der Gedanke allmächtig ist und die Wirklichkeit willig und folgsam seinen Geboten gemäss sich verwandelt. Und man muss gestehen, dass dieser Sinn aus manchen der Ansichten, welche die Welt aus Ideen entstehen lassen, nicht spurlos verschwunden ist; unbesorgt um die bestimmtere Art des Daseins, die diesen Ideen zukommen soll, lassen sie dieselben oft nur auf unangebbare Weise das Wirkliche durchduften und es doch nicht nur als Vorbilder, sondern als wirkende Kräfte beherrschen. Müssen wir nun diese Unmittelbarkeit der Gegenwart von Ideen in den letzten Verzweigungen der Wirklichkeit freilich tadeln, so werden wir uns doch schon hier heimlich gestehen müssen, dass in dieser kindlichen Auffassungsweise ein

grosser Theil der Wahrheit verborgen liegt, nur übertragen auf Verhältnisse, in denen er unwahr wird. Irgendwo muss, wenn nicht in dem Gezweige, so doch in den Wurzeln der Wirklichkeit jene Unmittelbarkeit des Wirkens und Gestaltens sich finden, die durch unmittelbare Eingebung sie in Bewegung setzt, so wie wir sie durch gleiche Eingebung in den Gebilden der Welt anschauen, und glücklich werden wir sein, wenn trotz der Gewöhnung an die Betrachtung mittelbarer Folgen unser Blick unbefangen genug für die Anerkennung des Unmittelbaren geblieben ist, das ihnen allen zu Grunde liegt.

8. Die Jugend will nichts von der Macht der Verhältnisse wissen; ihr liegt die Zukunft vor als ein schönes sich abrollendes Ganzes, das sich aus sich selbst entwickelt, ohne von dem Aeussern mehr als ein natürlich zu erwartendes Entgegenkommen zu bedürfen. Die Erfahrung zögert indessen nicht, sie zu belehren, dass, um solche Entfaltungen zu sichern, Arbeit und bestimmte Regeln der Lebensführung nöthig sind, und dass nicht minder alle Bedeutsamkeit der Naturerscheinungen doch nur durch eine günstige Uebereinstimmung allgemeinerer Bedingungen begründet wird. Jene Selbständigkeit des Einzelnen, das mit Wahrung seines eigenthümlichen Wesens einem grösseren Ganzen sich nur einordnete, geht in eine Unterordnung über unter gewisse gleichbleibende und in aller Mannigfaltigkeit beständig wiederkehrende Handlungsweisen der Natur; das Einzelne erscheint herabgedrückt zu einem zufälligen und unwesentlichen Beispiele allgemeinerer Grundereignisse, die nach der Art ihrer gegenseitigen Beziehung bald diesen bald jenen Erfolg, aber keinen mit mehr Vorliebe als den andern, begründen. Einer so kalten Abstreifung alles des Eigenthümlichen, das den wahren Werth einer einzelnen Naturgestalt zu enthalten schien, widerstrebt jugendlicher Sinn immer auf gewisse Weise und ist dadurch ein natürlicher Gegner der besonnenen Erfahrung. So wie er sein eignes Leben als ein ausserordentliches betrachtet und es ungern nach einem Masse gemessen sieht, das auch auf Anderes passt, so versteht er die anregende Schönheit nicht, die der Betrachtung dennoch verbleibt, auch wenn sie jenen schwindelnden Standpunkt aufgibt, auf dem sie in geniessender Beschaulichkeit den Sinn der Welt mühelos zu respiriren vermeinte. Denn ein-

mal belehrt, dass Träume von selbst nicht ausgehen, verlässt sie ihn freilich und stellt sich als beobachtende Kunst der Erfahrung den Erscheinungen gegenüber; gesteht zu, dass es ursprüngliche Thatsachen der Wirklichkeit gibt, deren Dasein aus keinem Gedanken nothwendig fliesst, vor denen vielmehr als vor geheimnissvollen Urerscheinungen unsere Vorstellung anerkennend innehalten muss, und auf deren stillen grossen Verschlingungen doch das veränderliche Bild des Naturlaufes ruht. Grade hierin besteht das eigenthümlich fesselnde und fromme Gefühl, das so oft dichterische Gemüther zu dieser Weise der Naturauffassung hinführt, dass wir jenen aus den bunten Erfahrungen schonend ausgelösten Grunderscheinungen wie einer unausdenkbaren Wirklichkeit zuschauen, die sich fremd und still, eine ewige Thatsache, vor uns entwickelt. Es liegt ein gemischter Reiz von Entsagung und Selbstgefühl in dieser enthaltsamen Verehrung des Thatsächlichen. Finden wir in ihm eine Schranke unsers Wissens, so finden wir in ihm auch eine Hindeutung auf einen ähnlichen unauflöslichen Kern im eignen Innern, und das Gefühl eines unsichern Daseins mildert sich, das uns nicht erspart bleibt, wenn wir uns mit der Aufopferungslust der Jugend nur als selbstlose Durchgangspunkte für die Entwicklung eines weltschöpferischen Gedankens ansehen.

9. Dennoch gewährt auch diese Weltauffassung keinen Abschluss, und vergebens hat einer der grössten Geister unseres Volkes ihren dichterischen Glanz der Nothwendigkeit des weiteren wissenschaftlichen Fortschrittes entgegen gestellt. Wohl ist es anregend, dem Verlaufe der Erscheinungen zuzusehen und ohne ihn durch künstliche Vermuthungen oder durch gewaltsame Eingriffe zu stören, nur beobachtend diese Urthatsachen der Entwicklung, diese ewigen Gewohnheiten der Natur zu erforschen; wohl ist bedeutsam und wichtig für die Ausbildung der Wissenschaft eine solche Zeichenlehre, die ruhig anschauend das erfahrungsmässig Zusammengehörige zusammenstellt, ohne durch künstliche Zwischenglieder der Erklärung den Thatbestand des Wirklichen zu verunreinigen; dennoch wird nur der glückliche Geist eines Einzelnen diesen Standpunkt naturwissenschaftlicher Forschung hinlänglich von dem andern entfernt halten, auf dem mit sehr verkehrtem dichterischen Scharfsinn jeder Glaube an Zaubereien,

selbst an den Spuk des Hexenwesens sich entwickelt. Alle diese Vorstellungsweisen wissen von urthatsächlichen Hindeutungen der Dinge aufeinander, von geheimnissvollen Zusammenhängen, und alle hegen dieselbe sehr gegründete Scheu, das Wesen dieser Verknüpfungen näher zu untersuchen. Auch dem gereiften Verstande freilich werden die letzten Thatsachen der Natur immer in demselben Sinne Geheimnisse bleiben, wie jene vorgeblichen Zauber; aber eben darauf kommt es an, den Werth dieser Benennung nicht an Ungeeignetes zu verschwenden. Dazu ist der Schritt von den allgemeinen Thatsachen zu den allgemeinen Gesetzen nöthig.

10. Ihn hat die neuere Zeit in der Betrachtung der Natur ebenso entschieden, wie im geselligen Leben gethan. In dem letzteren ist die Achtung vor den Ansprüchen erloschen, die im Mittelalter jede einzelne Genossenschaft auf Anerkennung ihrer eigensinnigen Einzelvorrechte erheben durfte; in allgemeinen Verfassungen, gemeinsam verbindlichen Rechten und Pflichten gehen diese beschränkten örtlichen Rechtsbildungen immer mehr unter, während sie sich sonst als unumstössliche Thatsachen benahmen. Auch die Naturwissenschaften sprechen jetzt in einem andern Sinne von allgemeinen Gesetzen als jene frühere Zeit. Denn für jene war das Allgemeine noch immer ein Trieb, der auf eine bestimmte Gestalt des Erfolges gerichtet war, und eben durch diese Anschaulichkeit ihres Ergebnisses so wie durch die Mannigfaltigkeit zusammenstimmender Mittel, die sie zu seiner Verwirklichung in Bewegung setzten, regten diese Allgemeinheiten die lebhafte Theilnahme jeder dichterisch erregten Einbildungskraft an. An ihre Stelle treten jetzt allgemeine Kräfte, deren ganze Eigenthümlichkeit in einer sehr einfachen, allenthalben sich gleichbleibenden Wirkungsweise besteht, die unendlicher Grössenunterschiede und der mannigfachsten Verkettung mit anderen fähig, nach Massgabe dieser wechselnden Umstände bald diese bald jene Erscheinung gleich absichtslos bedingt. Eine solche Ansicht entbehrt natürlich der Zartheit, mit welcher die zurückhaltende Beobachtungskunst, deren wir oben gedacht haben, jede einzelne Erscheinung in ihrer ganzen Eigenthümlichkeit aufzufassen strebt; für sie ist jedes noch so bedeutungsvolle Erzeugniss nur ein gleichgiltiges Beispiel allgemeiner Gesetze neben tausend andern, die

bei geringfügiger Veränderung der bedingenden Nebenumstände ebensowohl zur Wirklichkeit gelangt sein würden. Die eigenthümlichen Gestalten der natürlichen Entwicklung werden daher hier um desto mehr in ihrem Werthe herabgesetzt, je begreiflicher ihre Entstehung aus einer Verknüpfung der Grundkräfte ist. Diese selbst bilden zwar noch immer Thatsachen, die nur anerkannt, nicht abgeleitet werden können, aber sie sind am häufigsten nicht selbst Gegenstände der wirklichen Beobachtung, sondern aus dieser durch Vermuthungen entwickelt, die nur durch Uebereinstimmung ihrer Folgen mit dem Thatbestande des Beobachteten sich als wahrscheinlich ausweisen. So wird aus dem, was eigentlich nie gesehen wird, der Thatbestand der Wirklichkeit erklärt und alle ihre bedeutungsvollen Gestalten sinken zu beiläufigen Beispielen dessen herab, was alles aus einem fruchtbaren Grundvorgange durch passende Nebenbedingungen werden kann.

11. So haben wir drei sehr verschiedenartige Weisen der Naturauffassung kennen gelernt. Keine von ihnen ist, die nicht das Gemüth des Einzelnen zu irgend einer Zeit oder die Wissenschaft in irgend einem Einzelnen bewegte; aber nirgends sind zur Ausbildung einer jeden von ihnen so grosse und edle geistige Kräfte aufgeboten worden, wie wir sie in Deutschland noch jetzt in dieser Bemühung thätig sehen. Den Anfang dieses Jahrhunderts beherrschten mit grossem Uebergewicht die Versuche einer idealen Deutung der Welt und des Lebens, mit allem Feuer, das solchen Bestrebungen gebührt, aber unstreitig mit weniger Klarheit, als sie bedürfen. Eine Neigung zu vorsichtiger Erfahrung hat einzelne begünstigte Geister geleitet und ist in der Menge zu jenem bequemen Geltenlassen der nächsten Thatsachen geworden, das so wenig den Namen wissenschaftlicher Beobachtung verdient. Mit grosser Schnelligkeit endlich ist in der letzten Vergangenheit eine mechanische Betrachtungsweise des Lebens herrschend geworden und droht, jede andere Auffassungsart der Dinge völlig zu ersticken. So haben alle diese Ansichten unter uns nicht nur ihre Vertreter, sondern ihr lebhafter Streit unter einander ist es, der am Eingange unserer Betrachtungen nothwendig unsere Aufmerksamkeit auf sich zieht. Welche von diesen Arten, die Sache anzusehen, Recht behalten solle, oder ob sie alle Unrecht thun sich zu bekämpfen, anstatt durch ihre angemessene Verbindung

einen günstigen Erfolg zu sichern, eine Verständigung über diese Frage muss nothwendig unseren ferneren Untersuchungen vorangehen. Gewiss lernen dadurch die Gegner sich nicht verstehen, dass sie bald im Gefühle der Anwendbarkeit und Handlichkeit ihrer mechanistischen Ansichten das Traum und Einbildung nennen, was ein beschaulicheres Gemüth noch ausserdem in der Natur zu finden glaubt, bald umgekehrt aus der Wärme ihrer ästhetischen Begeisterung heraus geringschätzig auf die Versuche verstandesmässiger Erklärung herabsehen. Wir versuchen deshalb sowohl den Werth als auch die Ausführbarkeit jeder dieser Bestrebungen für menschliche Kräfte, endlich ihr gegenseitiges Verhältniss zu einander in den folgenden Betrachtungen zu schildern.

§. 2.

Ideale Naturansichten.

12. Welcher Antheil von Wahrheit in jener Ansicht liegt, die von einem bedeutungsvollen Gedanken die Wirklichkeit durchdrungen und geordnet glaubt, dies besonders hervorzuheben ist kaum nöthig. Denn wie sehr auch nach so vielen misslungenen Versuchen, jenen in allen Dingen schlummernden Gedanken auf menschliche Ausdrücke zu bringen, unsere Zeit abgestumpft für diese Voraussetzung ist, auf einem tiefen und lebhaften Bedürfnisse des Gemüths beruht sie dennoch fest und sicher für den, der weder den vereinzelten Aussprüchen des Verstandes gestattet, sich als einzige Quelle der Wahrheit zu benehmen, noch das, was er als unantastbare Gewissheit voraussetzt, dennoch bis zu tastbarer Deutlichkeit ausführen zu müssen meint. Aber ganz unmöglich würde es auch anderseits sein, diese Ueberzeugung von einer die Welt durchdringenden Zweckmässigkeit demjenigen wissenschaftlich zu beweisen, der nur die Möglichkeit des Gegebenen einzusehen verlangt, und für die verschiedenen Wahrscheinlichkeiten völlig blind ist, die mehreren gleich denkbaren Annahmen zukommen. Sich die Welt als einen ewig vorhandenen Wirbel von Dingen vorzustellen, deren zufällige durch keinen Gedanken vorher bestimmte Begegnungen bald diese bald jene Erscheinung bedingen, führt nicht auf so bestimmte Widersprüche des logischen Denkens, dass die Unannehmbarkeit einer solchen Ansicht hierdurch sich erweisen liesse. Unmöglich sind daher diejenigen zu

überzeugen, die nach einem offenen und unbefangenen Blicke auf die Ordnung der vorhandenen Welt die Ansicht von einer gedankenlosen Entstehung derselben festzuhalten im Stande sind, und um sie zu vertheidigen, vor der gewaltsamsten Umkehrung aller natürlichen Meinungen nicht zurückschrecken. Umgekehrt aber werden auch alle Angriffe mechanischer Auffassungsweisen die ästhetische Ueberzeugung, auf welcher der Glaube an den idealen Gehalt der Natur beruht, nicht zu erschüttern vermögen, wie siegreich sie auch gegen die unvermeidlichen Unvollkommenheiten sind, die jedem Versuche, jene Ueberzeugung wissenschaftlich zu entwickeln, anhängen müssen.

13. Denn eben so deutlich, als das allgemeine Recht jener idealen Naturansicht, liegt wohl auch die Unmöglichkeit ihrer wissenschaftlichen Ausführung von unserem menschlichen Standpunkte aus vor Augen. Allgemeine Gesetze der Natur können wir aufzufinden hoffen, indem wir in unserm eignen Innern einen Massstab nothwendiger Wahrheit besitzen, dessen Forderungen sich deutlich ausdrücken lassen; die allgemeineren Thatsachen der Natur ferner könnte wenigstens eine fortschreitende Beobachtung ihr mit Sicherheit abgewinnen; viel spröder aber als Gesetze und Thatsachen verhält sich gegen unsere Erkenntniss die sinnvolle Bedeutung der Dinge. Denn sie ist kein gegebener, mitten unter den Thatsachen der Erfahrung vorliegender Gegenstand, den eine unbefangene Beobachtung gleich diesen nur aufzufassen hätte. Die Natur zeigt vielmehr nur Gestalten und Ereignisse; aber keine Gestalt kann den Beobachtenden zwingen, mehr wahrzunehmen, als eben sie selbst, und etwa über sie hinaus oder durch sie hindurch auch noch das zu bemerken, was ihre innerliche Bedeutung ist. Statt blos empfänglicher Auffassung bedarf es daher selbstthätig erzeugender Ahnung, und die Bedeutung der Natur wird nur durch ein geistiges Nachschaffen ihrer Gestalten gefunden. Wo wir aber auf eine solche Quelle der Erkenntniss angewiesen sind, wie gross auch immer für den Geist der Werth der neuen Welt ist, die sie eröffnet, das Gebiet der Wissenschaft hört jedenfalls damit auf. Denn nicht nur das beständige Kennzeichen desselben, die Möglichkeit des Beweises und Gegenbeweises, geht uns hier ab, und damit die Fähigkeit, unseren Anschauungen Allgemeingiltigkeit und genaue

Mittheilbarkeit zu verschaffen, sondern gewiss stehen wir auch nicht von selbst auf jenem hohen weltschöpferischen Standpunkte, von dem aus, wenngleich unsagbar und unbeweisbar, auch nur für uns selbst der Grundgedanke der Welt in einem einfachen Ausdrucke und die Fülle der Gestalten als seine nothwendige Folge sich fassen liesse.

14. Aber selbst dann, wenn es uns gelänge, durch irgend eine künstliche Vorbildung unserer Erkenntniss jenen Standpunkt zu erklimmen, würde doch die Fähigkeit, den höchsten Grund nun auch umgekehrt bis in die kleinsten Einzelheiten der Wirklichkeit hinab zu verfolgen, damit noch keineswegs gegeben sein. Denn jedes Ziel erlaubt uns zwar, rückwärts aus ihm gewisse Vorbedingungen abzuleiten, denen zu seiner Erreichung genügt sein muss. Aber diese Bedingungen werden doch aus ihm nur in einer wesentlich allgemeinen Gestalt ableitbar sein, und die Dinge, die zur Verwirklichung eines Zweckes führen sollen, finden sich durch ihn nur gewisse allgemeine Pflichten zweckmässigen Verhaltens auferlegt, denen sie noch immer auf sehr verschiedene Weisen nachkommen können. So gewährt jeder Zwek seinen Mitteln eine gewisse Freiheit ihrer Gestaltung nach allen den Seiten hin, nach welchen sie zu ihm in keiner zwingenden Beziehung stehen. Deswegen wird nun auch aus einem als Weltgrund anerkannten Gedanken sich nie die volle Wirklichkeit ableiten lassen, sondern nur gewisse allgemeine Formen des Zusammenhangs und der Entwicklung, ein Grundriss gleichsam, den die Erscheinungen allerdings, um von jenem Gedanken sich nicht zu entfernen, einhalten müssen. Welche der vielen möglichen Gestalten aber, die gleichmässig gut jenen Grundriss, obwohl mit unendlich verschiedener Zeichnung und Farbe erfüllen können, der Vorzug der Wirklichkeit getroffen hat, dies bleibt aus jenem höchsten Grunde noch unerklärt. Beziehen wir diese Betrachtung auf unsern besondern Gegenstand, so gibt wohl Jeder zu, dass in den beiden Stufen des pflanzlichen und des thierischen Lebens nicht nur eine gedankenvolle Bedeutung, sondern selbst ein Fortschritt in der Tiefe und dem Reichthume dieser Bedeutung liegt. Nun mag es wohl einem die Welt nachschaffenden Nachdenken leicht gelingen, in demjenigen, was es als den höchsten Weltgrund betrachtet, irgend einen inneren Trieb nachzuweisen, der

sich nothwendig in die Bildung entwicklungsfähiger, vielfach innerlich gegliederter Naturgestalten ergiesst. Und so mögen sich etwa zwei Reiche der Natur als gefordert durch die Entwicklung des höchsten Grundes darstellen lassen, deren eines durch gesetzmässige Umwandlung der Gestalt, das andere durch willkürliche Benutzung eines bald zu völliger Ausbildung gelangten Körpergebäudes sich auszeichnet. Aber wie weit ist von da noch bis zu der wunderbaren Zeichnung, den Düften, der Farbenpracht und der eigenthümlichen Lebendigkeit, womit die wirkliche Pflanzen- und Thierwelt jene einfachen Aufgaben des Begriffs, wir möchten sagen, jene noch leeren Aufgaben erfüllt! Die Erfahrungen, die man über solche Versuche nun hinlänglich gemacht hat, zeigen uns, dass diese Ansichten nie mehr als jene dürftigen Grundrisse des Vorhandenen aus ihrem höchsten Princip abzuleiten vermocht haben. Dann aber wenden sie sich zu der Erfahrung, und indem sie die gegebene Wirklichkeit überblicken, finden sie in ihr Erscheinungen, die, einmal gefunden, sich dann freilich leicht als Verkörperungen jener leeren Begriffe fassen lassen, nur dass ohne ihre vorhergegangene erfahrungsmässige Anschauung die Ableitung schwerlich auf den Weg gekommen sein würde, sie zu suchen oder ihr Dasein zu verlangen.

15. Diese Unfähigkeit, an die volle Wirklichkeit der Naturgestalten durch solche Ableitungen heranzureichen, wächst noch, je richtiger an sich die Aufgabe dieses Versuches gestellt wird. Wer die Welt von einem Gedanken durchdrungen und belebt sein, wer sie etwas bedeuten lässt, will gewiss nicht, dass sie das Unbedeutende bedeute, sondern das Bedeutende. Der Grund zu all diesem Hinausgehen über das unmittelbar Gegebene kann nur in der Voraussetzung liegen, dass ein unendlich und unaussprechlich Werthvolles allein mit voller Beruhigung für den letzten zusammenschliessenden Kern der Welt gehalten, ihm allein die Anerkennung eines unbedingten und unabhängigen Daseins nicht verweigert werden könne. Aber alle Begriffe des Werthes sind zu unvergleichbar mit dem Räumlichen und Zeitlichen der Natur, als dass wir noch eine gegründete Hoffnung hegen dürften, so leicht aus ihnen zu erklären, warum sie sich mit Nothwendigkeit gerade nur in diesen empirisch wahrnehmbaren Formen der wirklichen Schöpfung ausdrücken konnten. Welches

Werthvolle, Selige man auch als das Höchste der Welt betrachten mag, es wird schwer sein, in ihm einen bestimmten gestaltenden Trieb zu finden, der uns zu der Mannigfaltigkeit der Thier- und Pflanzenwelt, ja nur zu deren allgemeinen Urbildern hingeleitete. So ist auch unsere durchaus nur sittlich ausgebildete Vorstellung von dem Wesen Gottes unfähig, in irgend einer andern seiner Eigenschaften, als in einer *unergründlichen* Weisheit den Beweggrund zur Schöpfung dieser bestimmten Gestaltenwelt zu finden.

16. Diese Schwierigkeiten haben die meisten hierher gehörigen Ansichten veranlasst, lieber den ganzen Standpunkt, von dem sie ausgehen, zu verderben, als etwas von der scheinbaren wissenschaftlichen Ertragsfähigkeit desselben nachzulassen. Wenn es uns nicht gelingt, in der Natur einen Gedanken nachzuweisen, der, in Klarheit gefasst, noch immer dieselbe Begeisterung erweckt, mit welcher dem noch unklaren die schwärmerische Stimmung unserer Jugend nachstrebte, dann können wir uns nur zugestehen, dass unser Ziel zwar gross und wahr, aber unerreichbar war; nicht aber dürfen wir nun uns dahin herabstimmen, der Natur selbst geringere Ziele zuzuschreiben, damit wir sie erreichen können. Dies ist es, was uns so häufig begegnet. Wir alle haben wohl dem Liede nachgesonnen, das in allen Dingen schläft, wie so viele Dichter sagen, aber auch ohne es erwecken zu können; indem wir jedoch inne wurden, wie wenig das, was wir ausdrücken konnten, dem geahnten Vorbilde entsprach, haben wir diese Versuche zurückbehalten und uns begnügt, sie in unserm innern Leben zu besitzen; aus demselben Stoffe haben Andere wissenschaftliche Lehren gebildet, die eine scheinbare Befriedigung nur gaben, weil sie in jedem empfänglichen Gemüthe das Bessere, das sie nicht mittheilten, vorfanden und anregten. Wie oft haben wir so gesehen, dass dem höchsten Weltgrunde irgend eine thatsächliche Eigenschaft zugeschrieben, irgend eine bestimmte völlig gleichgiltige Entwicklungsweise zugetheilt wurde, aus der dann freilich wenigstens die Umrisse der Schöpfung sich mit leichter Mühe ableiten liessen, sobald dies nur einmal zugestanden war, dass eine Form, in der wir an sich keine Bedeutung entdecken können, das Uranfängliche der Welt bilden soll.

17. Manches werden wir hierüber in unseren späteren Betrachtungen noch zu erwägen haben; im Allgemeinen aber möchten wir, wenn Bestrebungen solcher Art irgend ein Gedeihen haben sollen, auf die Nothwendigkeit einer Vorarbeit hindeuten, deren Bewältigung noch lange Anstrengungen erfordern wird. Wenn wir in unser Leben hineinblicken, so finden wir uns zwar bald über gewisse allgemeine sittliche Pflichten zur Gewissheit gebracht, allein wenn wir das Ganze unseres Daseins zu gestalten und zu lenken versuchen, fühlen wir uns nicht selten gepeinigt durch eine Ungewissheit darüber, was als endliches Gut, was als Mittel zu seiner Erreichung gelten soll, worin ferner ein Theil des Werthes, den wir verwirklichen wollen, noch inwohnen muss, und was Anderes im Gegensatz dazu an sich gleichgiltig ist und in jeder Form gestaltet werden darf, ohne in seiner Ausprägung an die Züge des höchsten Zweckes erinneren zu müssen. Die Ungewissheit der Werthvertheilung ist es, was im Leben selbst nur durch lange Lebenserfahrung überwunden wird; sollte in Bezug auf die Natur, wenn wir in ihr Ziele und Mittel unterscheiden, diese Ungewissheit geringer sein? Die bisherigen Bearbeitungen der Naturwissenschaft in diesem Sinne heissen uns diese Frage verneinen. Man hat sehr wenig nach den Kennzeichen gefragt, durch welche sich ein Begriff auszeichnen müsse, der mit Zutrauen als der Mittelpunkt einer Organisation, als die erklärende Formel für den Zusammenhang ihrer Erscheinungen angesehen werden soll, und im Gegensatz zu welchem alles Andere, was wir in einem Organismus bemerken, nur entweder als vermittelnde Vorbedingung oder als Folge zu betrachten ist. Deshalb ist es gekommen, dass man Formen des Daseins, wie Duplicitäten, Polaritäten, Differenzen und Indifferenzen, d. h. Verhältnisse, die uns, wenn wir sie realisiren sollten, kaum als würdige Ziele für die spielende Thätigkeit eines Kindes vorkommen würden, nicht zu gering gehalten hat, um das innerste Wesen der natürlichen Schöpfungen auszudrücken. Das dagegen, was jedem Unbefangenen zunächst als der wahrhafte Gedanke jedes Organismus erscheint, nämlich die eigenthümliche Form seines Lebens und seines Lebensgenusses hat in solchen Meinungen nur insoweit eine Stelle gefunden, als es sich für eine Potenzirung eines jener thörichten Verhaltnisse ansehen liess. Eine Lehre von

den Werthen, und den Orten, auf welche sie fallen, ist deshalb eine noch zu erwartende Vorarbeit, die jeder mit Bedacht ausgeführten idealen Ausdeutung der Natur vorangehen muss; ihr bisheriger Mangel wird uns später zu einem Kampfe gegen manche üblich gewordene Meinung nöthigen.

18. Wir haben bis hierher gesehen, wie wenig die idealen Naturansichten das zu leisten vermochten, was sie doch noch mit Recht für ihre Aufgabe hielten; noch weniger werden sie das vermögen, was sie mit Unrecht für ihre Pflicht halten. Jener höchste Gedanke konnte zunächst nur der Schlüssel sein sollen für das Verständniss der einzelnen Erscheinungen, ihrer Bedeutung und ihres Zusammenhangs, sofern diesem selbst ein durch ihn auszudrückender Sinn zukam. Schon diese Aufgabe überstieg die Kräfte unserer menschlichen Stellung; aber ganz unberührt bleibt noch die andere Frage, wie diesen durch den Inhalt des höchsten Gedankens geforderten Erscheinungen ihre Wirklichkeit zuwachse. Jede noch so tiefe Bedeutung, die wir der Welt im Ganzen zuschreiben, lässt uns noch völlig im Unklaren über ihren Ursprung, und wo wir im Einzelnen den Sinn einer Erscheinung oder des Zusammenhangs mehrerer nachweisen könnten, würden wir damit einen gewissen Anspruch wohl gefunden haben, durch den sie ihr Dasein verdienten, ohne darum zugleich die verwirklichenden Mittel kennen zu lernen, durch die es ihnen gegeben ward. Immer wird daher diese idealistische Auffassungsweise unvollständig sein und jederzeit von Neuem jenen schon geschilderten Uebergang zu einer zweiten Ansicht verlangen, die hauptsächlich darauf ausgeht, jene ursprünglich vorhandenen Wirkungskräfte aufzusuchen, auf denen der Lauf der Ereignisse in der Welt beruht.

19. Man kann leicht die Nothwendigkeit dieses Schrittes durch die Behauptung zu vermeiden suchen, dass ja nur der menschliche Gedanke und Zweck ein leeres lebloses Vorbilden sei, das von einem Aufgebot ihm fremder Kräfte seine Verwirklichung erwarte, während jener wesenhafte Gedanke der Natur, der den bedeutungsvollen Sinn der künftigen Erscheinung vorbildlich enthält, als lebendige Existenz zugleich die Macht seiner Selbstverwirklichung und Entwicklung besitze. Indem man jedoch diesen Begriff eines schöpferischen Gedankens anwendet, dessen

Schwierigkeiten wir noch später zu erwähnen haben werden, vermeidet man doch nicht sowohl jenen Uebergang von idealer zu dynamischer Auffassung der Natur, sondern vollzieht ihn vielmehr auf eine unvortheilhafte Weise. So lange nämlich die Idee, die wir in einer Naturerscheinung voraussetzen, in der That ein Gedanke, und nicht nur irgend eine an sich gedankenlose Form räumlich zeitlichen Daseins sein soll, so lange wird dieser innerlichen Idee die Kraft, sich in anschaulichen Formen des Raumes und der Zeit auszuprägen, doch nur in Folge eines Entwicklungstriebes zukommen, den wir gleichsam als eine reale Mitgift ihr mehr beigelegt denken, als dass er aus dem Gedankeninhalte der *Idee flösse*. Als sich verwirklichende Macht ist diese Idee dem Begriffe des Triebes unterzuordnen, dessen Eigenthümlichkeiten wir noch näher zu betrachten haben. Aber hierdurch mindert eine solche ideale Auffassung nicht, sondern verschlimmert die Schwierigkeiten, in die sich dynamische Ansichten ohnehin leicht verwickeln; denn indem sie sich des Begriffes der Triebe bedient, stellt sie ihm nicht, wie die letzteren, die Aufgabe, ein bestimmtes anschauliches Resultat, eine Form des Daseins zu verwirklichen, sondern belastet ihn mit der schwereren Forderung, einen Sinn, einen Gedanken, d. h. etwas an sich Unanschauliches und Formloses, in Erscheinungen auszugestalten.

§. 3.

Dynamistische Naturansichten.

20. Dass wir eine Reihe von Thatsachen, die sich nicht mit Nothwendigkeit aus einem höchsten Gedanken ableiten lassen, zugeben müssen, und zwar ebensowohl eine Gruppe ursprünglich vorhandener Stoffe, als eine andere der zwischen ihnen wahrnehmbaren Kräfte, sowie eine dritte von Verhältnissen, in denen sie beim Anfange ihrer Wirkungen standen, dies hat jede einigermassen über den Umfang ihres Leistungsvermögens aufgeklärte Naturwissenschaft stets gewusst. So sind wir, um die Erscheinungen der Himmelsbewegungen zu verstehen, nicht nur die Existenz der Himmelskörper als eine nicht weiter ableitbare Thatsache hinzunehmen genöthigt, sondern auch die Anziehungskraft zwischen ihnen erscheint uns als eine zweite, neue Thatsache, die durch die blosse Wahrnehmung der Himmelskörper weder

schon mitgegeben ist, noch auch mittelbar so leicht sich als nothwendige Folge ihrer Natur erweisen lässt. Die gegenseitige Stellung und Entfernung der Sterne endlich, sowie die ursprüngliche Richtung ihrer Bewegung ist das dritte von jenen beiden erwähnten unabhängige Element, das zur Erklärung der Erscheinungen nothwendig hinzukommen muss. Eine Ableitung dieser Elemente aus einem gemeinsamen höheren Princip ist überhaupt nicht, am wenigsten aber eine Ableitung aus einer Idee bisher gelungen. Gleichwohl, da es die natürliche Neigung der Menschen ist, zu Vieles als sich von selbst verstehende Thatsache hinzunehmen, haben wir für die Zwecke der Wissenschaft, welche Erklärungen verlangt, darauf zu dringen, dass wir mit einer solchen Anerkennung nicht zu früh kommen, und nicht das schon für ein Letztes ansehen, was einer Zersetzung in zusammenwirkende Bedingungen allerdings noch fähig ist.

21. In dieser Beziehung wollen wir nun jene eigenthümliche Art der dynamistischen Ansicht prüfen, welche die specifischen Triebe zum Princip ihrer Erklärungen macht. Die erste Aufforderung zu ihr lag ohne Zweifel in der Wahrnehmung, dass die Reihe der Ereignisse in der Natur nicht eine regellos ins Unendliche vorwärts schreitende ist, sondern dass einzelne Erscheinungen in abgemessenen Zeiträumen wiederkehren und sich so gewisse Kreisläufe von Begebenheiten bilden, deren Gestalt und Aufeinanderfolge bestimmt ist, und die ein zusammengeschlossenes, bald auf- bald zublühendes Ganzes darstellen. In einzelnen Fällen, wie in dem regelmässigen Umlaufe der Gestirne oder in dem gleichförmig fortschreitenden Wachsthum der Pflanzen sah man diese Entwicklung ohne bemerkbare Abweichung von ihrem gewohnten Wege geschehen; in anderen, wie in dem Leben der beseelten Wesen, traten unter wechselnden Umständen verschiedenartige Weisen des Benehmens, mannigfache Ablenkungen von der gewöhnlichen Bahn der Ereignisse auf, die doch zuletzt wieder zu der Herstellung des vorigen Zustandes oder auf anderem Wege zu der Erreichung desselben Zieles führten. Solche Wahrnehmungen leiten auf eine sehr natürliche Weise zu der Ansicht, dass in einem so abgeschlossenen Ganzen der Entwicklung auch nur eine zusammengehörige, diese Entwicklung und die Selbsterhaltung des Gebildeten bedingende Macht vorhanden sei. Die

Vorstellung der Triebe gehört daher wesentlich diesem Standpunkte der Naturauffassung an. Denn sie sind Mächte, die keineswegs an eine einzige, einfache und unabänderliche Wirkungsweise gebunden sind; vielmehr bringen sie eine grosse Mannigfaltigkeit verschiedener Ereignisse hervor, nur so, dass alle diese sich zu dem vernünftigen Ganzen einer Entwicklung zusammenordnen, in welcher die wesentliche Natur ihres Trägers zum Vorschein kommt.

22. Beispiele dieser Auffassung sind nicht selten. Noch Keppler liess von der Kraft der Sonne allein die Bahn der Planeten bestimmt werden; sie war ihm nicht nur eine anziehende, sondern auch eine richtungbestimmende; in jedem Augenblick war ihre Wirkung eine andere als im andern; aber alle diese wechselnden Wirkungen schlossen sich zu dem in sich zurückkehrenden Ganzen der Planetenbahn zusammen. Bildet die Pflanze sich in einer bestimmten Gestalt aus, der sie durch mancherlei Entwicklungsstufen zustrebt, so leitet sie hierbei ein Bildungstrieb, eine Macht nicht von einförmiger Wirkungsweise, sondern ihren Gang und ihre Richtung häufig nach den Umständen und nach den schon erreichten Erfolgen wechselnd; und hierin nur durch den zu verwirklichenden Zweck, durch die Rücksicht auf die zukünftige Gestalt des Ganzen, nicht aber durch ein allgemeines beständiges Gesetz geleitet. Die meiste Veranlassung aber zur Ausbildung solcher Ansichten hat man stets in der Betrachtung des thierischen Lebens gefunden, und längst hat man auch für die verschiedenartigen, aber innig zusammenstimmenden Vorgänge desselben als erklärende Gründe Lebenstriebe und Lebenskräfte angenommen. Gegen keine Vorstellungsweise der älteren Physiologie ist der Kampf neuerer Ansichten so ernstlich geführt worden, als gegen diese. Ihren Werth und Unwerth auf einige allgemeine Gesichtspunkte zurückzubringen, ist auch noch jetzt für uns eine nothwendige Aufgabe; nicht minder unerlässlich aber wird es sein, in einem späteren Zusammenhange die einzelnen Bedenken zu erwähnen, die sich gegen die verschiedenen Formen erheben, unter denen diese Vorstellungsweise noch jetzt aufzutreten pflegt.

23. Die Abneigung, die einzelnen Erscheinungen des Lebens stückweis aus dem Zusammentreffen bald dieser bald jener

Bedingungen entstehen zu sehen, das Verlangen vielmehr, alle Einzelheiten, die sich zu dem bedeutsamen Bilde des Lebens verflechten, auch als ein einziges Ganzes von einem einzigen wirksamen Mittelpunkte ableiten zu dürfen, bildet deutlich den Beweggrund, aus welchem man so oft wieder zu dieser Annahme einer Lebenskraft zurückkehrt. Mag in anderen Erscheinungen die Einheit, die wir in ihnen zu sehen glauben, nur für unsere zusammenfassende Vergleichung vorhanden sein, hier verlangen wir, dass sie auch objectiv in dem Gegenstande der Betrachtung liege; das Leben würde nicht Leben sein, wenn die innerliche, aus sich selbst quellende Regsamkeit, die wir bei diesem Namen denken, nur ein Schauspiel für unsere subjective Auffassung, nicht aber in Wirklichkeit eine treibende Macht in ihm selbst wäre. Eifersüchtig auf jeden Einfluss des Aeusseren hat man deshalb die Lebenskraft als einen selbstgenügsamen Trieb gefasst, aus dem sich die ganze Reihe der Erscheinungen entwickelt; sowie etwa die frühere Chemie in einen Inbegriff der feinsten Säfte, in ein wesentliches Oel die ganze innerste Natur eines Stoffes einzuschliessen dachte, darin ein Bild findend für die untheilbare Wesenheit desselben. Die Vorstellung einer Lebenskraft erfüllt diese Wünsche nur zu sehr, denn es ist leicht zu sehen, wohin diese Begriffe bewirkender Triebe für ganze Gruppen von Erscheinungen führen, und welche Bedingungen gegeben sein müssten, wenn sie ohne weitere Einschränkung Recht haben sollten. Sie führen nothwendig zur völligen Isolirung jeder Gruppe und machen sie unvergleichbar mit andern. Jede beruht auf ihrem Triebe, dem Bildungstriebe der Gesteine ist der des Lebendigen, dem Triebe des Thierlebens die Lebenskraft der Pflanze fremd, und je bestimmter wir jede dieser Mächte als eine abgeschlossene Einheit fassen, desto mehr wird uns jeder Boden der Vergleichung entzogen für die Zusammenhänge, die zwischen den Thätigkeiten verschiedener Gruppen stattfinden. Diese Auffassungsweise ist daher nur tauglich für eine nicht vorhandene Welt; für eine solche nämlich, in welcher jedes dieser Geschöpfe sich völlig für sich selbst entwickelte, ohne von Seiten der Aussenwelt eine Einwirkung zu gestatten oder zu bedürfen. Weder im geistigen noch im natürlichen Dasein tritt jemals dieser Fall ein; jedes Geschöpf hat entweder materielle Grundlagen seiner Existenz aus einer ihm

fremden Welt zu entlehnen, oder Bedingungen seiner Entwicklung in Gestalt mannigfacher Reize von ihr zu erwarten. Nie hat man daher den Begriff eines Triebes in dieser Abgeschlossenheit festzuhalten vermocht, oder ihn anzuwenden gewusst, aber aus dem Versuche, ihn mit der Forderung einer Erregbarkeit von aussen oder einer Wirkungsfähigkeit nach aussen zu vermitteln, sind Vorstellungsweisen hervorgegangen, welche nothwendig mit der gänzlichen Auflösung des Begriffes selbst endigen müssen.

24. Zuerst nämlich können die Reize der äusseren Welt, denen das Lebendige unterliegt, unmöglich auf dasselbe einen Einfluss ausüben, ohne dass es eine Angreifbarkeit oder Verletzlichkeit für sie besässe, die allein auf einer Vergleichbarkeit des Lebenstriebes mit der Wirkungsweise der Reize beruhen kann. Es muss deshalb, wenn das Lebendige etwas soll leiden können, auch möglich sein, dem Begriffe seiner Lebenskraft, welche geschlossene Einheit sie auch sonst bilden möchte, einen anderen Ausdruck zu substituiren, in welchem wenigstens einzelne auch der übrigen Natur angehörige Kräfte als Glieder auftreten. Soll zweitens die Lebenskraft auf die äussere Natur zurückwirken, wie bezwingt sie dann die Stoffe dieser letztern, um sie ihren Bedürfnissen dienstbar zu machen? Wohl schreibt man ihr eine grosse Neigung zu, Kräfte, Zustände und Eigenschaften des unlebendigen Materials zu ändern, aufzuheben oder zu benutzen; aber wird je dieses Material darein willigen, solche Veränderungen zu erleiden, so lange sie ihm nicht durch Kräfte abgezwungen werden, welche seinen eigenen entgegengesetzt und eben deswegen genau mit ihnen vergleichbar sind? Auch die Rückwirkung des Lebendigen also auf das Unlebendige erfordert, dass in ihm Kräfte wirksam sind, die denen der übrigen Natur vollkommen gleichen. Kaum hat man deshalb jemals den Begriff der Lebenskraft angewandt, ohne dieses Zugeständniss ausdrücklich zu machen. Zwar eine gewisse geistige Ueberlegenheit über die physischen Kräfte hat man ihr stets zugeschrieben, theils aus reinem Aberglauben, theils aus besseren Gründen, deren sogleich Erwähnung zu thun sein wird; immer aber hat man zugleich zugegeben, dass Einiges im Leben sich den gewöhnlichen Gesetzen der physischen Natur füge. Wäre diese Ansicht je dazu fortgeschritten, deutlich anzugeben, was zu diesen physisch er-

klärbaren Theilen des Lebens gehöre, was nicht, so würde sie einer ernsten Bekämpfung werth sein; aber die schwankende Halbheit, zwei Quellen der Erklärung anzunehmen, ohne im Mindesten ihre Grenzen zu bestimmen, macht eine solche unmöglich. Doch finden wir leicht selbst den Gedanken auf, der dem hartnäckigen Festhalten der Vorstellung eines Lebenstriebes zu Grunde liegt.

25. Das Lebendige besitzt nicht nur Erregbarkeit und Fähigkeit zur Rückwirkung im Allgemeinen, sondern es gestaltet sowohl die Eindrücke, die es erfährt, als auch seine Thätigkeiten zu einem zusammenhängenden Ganzen, in welchem es zweckmässig wirkend, immer auf einen bestimmten Erfolg, auf die Selbsterhaltung seiner Natur, gerichtet ist. Eine solche Einheit des Wirkungsplanes mit ihrer zweckgemässen Anbequemung an die jedesmal vorhandenen Umstände schien nicht wohl aus einer Summe einzelner Kräfte, sondern nur aus einer einzigen Quelle aller Wirkungen hervorgehen zu können. Die Angemessenheit der Wirkungsweise zur Erreichung eines bestimmten Zieles, das wesentliche Merkmal jedes Triebes, blieb daher der fortdauernde Beweggrund zu der Annahme, dass auch das Leben auf einem solchen beruhen müsse. Inwiefern nun jene Zweckmässigkeit vorhanden ist, darüber haben wir im Einzelnen noch Vieles den späteren Betrachtungen vorzubehalten; an diesem Orte fügen wir nur Weniges hinzu, um den allgemeinen Gesichtspunkt ihrer Beurtheilung zu bezeichnen. Eben damit irgendwo eine zweckmässige Anbequemung einer wirkenden Kraft an gegebene Umstände möglich sei, müssen die Umstände auf das Substrat der Kraft irgend einen Einfluss wirklich ausüben; denn nur ein in der That eingreifender Reiz vermag eine ihm angemessene Rückwirkung hervorzurufen. Jener Einfluss kann nun entweder in einer Veränderung irgend eines Zustandes bestehen, durch welche das Substrat des Triebes nach allgemeinen physischen Gesetzen zu der Entfaltung einer Rückwirkung gezwungen wird, so dass seine zweckmässige Thätigkeit in diesem Falle zugleich eine physische Nothwendigkeit wäre: oder auch es bleibt dem Triebe nach jener empfangenen Anregung die Freiheit der Wahl zwischen mehreren Arten der Rückwirkung, und er wählt die, die unter den gegebenen Umständen zur Selbsterhaltung seiner Natur pas-

send ist. Es ist nicht möglich, ein drittes Glied zwischen die beiden dieser Alternative einzuschalten; sehen wir nun, welches Vortheile, Nachtheile und unmittelbare Folgen jeder dieser Annahmen sind.

26. Die erste kann keinem Zweifel an ihrer Richtigkeit im Allgemeinen unterliegen, da sie den klarsten Gedanken, den einer ausnahmslosen Herrschaft allgemeiner Gesetze über alle Erscheinungen und über ihren gegenseitigen Zusammenhang voraussetzt. Sie eröffnet dagegen allerdings die Aussicht auf mühselige und ausgedehnte Untersuchungen, indem sie unmittelbar zur Aufgebung des Begriffs eines Triebes und zu der Nothwendigkeit führt, das was man sonst aus diesem einen Quelle ableitete, aus dem Zusammentreffen vieler Bedingungen zu erklären. Wie wenig auch die Zweckmässigkeit der Lebensthätigkeiten eine unbedingte genannt werden kann, so gross ist sie doch immer, dass die Aufgabe schwierig und mühevoll ist, das was einerseits der weisesten Berechnung einer planmässig wirkenden Kraft anzugehören scheint, zugleich als eine aus den Umständen sich von selbst ergebende physische Unvermeidlichkeit darzustellen. Dass nun aber dieser Versuch in Bezug auf alle Erscheinungen des Lebens gemacht werden müsse, lässt sich leicht darthun. Denn sie bestehen alle in Benutzungen, Gestaltungen und Veränderungen von Massen, die das Leben nicht eigenthümlich erzeugt, sondern die auch in der übrigen Natur vorhanden sind und hier unter Gesetzen stehen, denen sie durch keine Lebenskraft entzogen werden können. Das Leben kann ihnen nichts zufügen, als was sie nach dieser ihrer Natur zu dulden fähig sind; sie umgekehrt können für das Leben keine Reize und keine bestimmenden Bedingungen seines Benehmens sein, ausser durch die gewohnten Wirkungen, die sie dieser ihrer Natur nach auszuüben vermögen. Entwickelt sich daher irgend ein lebendiges Geschöpf einem vorbestimmten Plane nach durch mancherlei vermittelnde Stufen hindurch, so ist in jedem Augenblicke die Summe der in ihm vorhandenen physischen Wirkungen der Reiz, welcher die Richtung der bildenden Kraft nach der nächsten Stufe hin ausreichend und unvermeidlich bestimmt; wirkt ein Geschöpf in irgend einer Art zweckmässig oder unzweckmässig nach aussen zurück, so ist es ebenso die Summe früher empfangener Einwirkun-

gen, was jetzt diese Thätigkeit hervorruft. In diesen beiden Fällen ist alles enthalten, was wir am Leben bemerken; es reicht deshalb nicht hin, der Lebenskraft einige Seiten zuzuschreiben, nach denen hin sie allgemeineren physischen Gesetzen sich fügt, sondern sie muss auch im Ganzen einem andern Ausdrucke gleichgeltend gesetzt werden, in welchem nur mancherlei Massen und Kräfte der allgemeinen Natur vorkommen, unter einander in solchen Zusammenhangsformen verknüpft, dass innerhalb gewisser Grenzen aus ihnen eine stetige Entwicklung einem bestimmten Plane gemäss, und zugleich eine Selbsterhaltung gegen äussere Störungen mit unvermeidlicher Nothwendigkeit hervorgeht. Dem Begriffe des Triebes als einer besonderen Wirkungsquelle im Gegensatz zu dem gewöhnlichen Begriffe der Kraft bleibt dann gar kein Spielraum der Anwendung mehr übrig; er bezeichnet vielmehr nur noch eine bestimmte Benutzungs- und Anordnungsweise zusammengefasster Einzelkräfte.

27. Vergeblich würde man durch die Annahme des zweiten Falles dieser Zerstörung des Begriffs vom wirkenden Triebe zu entgehen suchen. Zugegeben, dass äussere Umstände durch die Veränderungen, die sie in seinem Substrate bedingten, dieses doch noch nicht zu einer Rückwirkung nöthigten, sondern ihm die Wahl zwischen mehreren liessen, so kann doch eine zweckmässige Wahl dann nur noch unter der Voraussetzung einer vergleichenden, überlegenden und wählenden Intelligenz gedacht werden. Man muss sich entschliessen, von der Halbheit eines zweckmässig wirkenden Triebes zu der entschiedenen Annahme einer vernünftig handelnden Seele überzugehen. Ob diese Annahme, an sich möglich, passend für unseren besonderen Gegenstand, die Erklärung der Lebenserscheinungen sein würde, haben wir ebenso einer späteren Betrachtung zu überlassen, als es dahin gestellt bleiben mag, ob sie mit Nothwendigkeit die Voraussetzung eines freien, allgemeinen Gesetzen nicht unterworfenen Handelns mit sich führt. Unsere Absicht war jetzt nur der Nachweis, dass der Begriff eines specifischen, dynamischen Triebes, d. h. einer einzigen wirkenden Macht, deren Wesentliches nicht in einer unveränderlichen Wirkungsweise, sondern in einer unveränderlichen Tendenz nach einer bestimmten Gestalt des Erfolges besteht, ein sich selbst aufhebender ist. Solche Triebe würden

hinreichen, wenn jedes Geschöpf in seiner besonderen Welt lebte, dem Aeussern verschlossen; leben aber verschiedene in derselben Welt, sind sie dem Einflusse derselben offen oder verlangen ihn gar, soll überhaupt ein Zusammenhang der verschiedenen Glieder der Welt zu einem Ganzen entstehen, dann müssen diese hemmenden Schranken besonderer Triebe schwinden, und die wirkenden Kräfte müssen für alle unter gleiche allgemeine Gesetze fallen; jedes Einzelne kann sich von dem Anderen nur noch durch die ihm eigenthümliche Benutzungsweise der allgemeinen Wirkungsmittel unterscheiden.

28. Geht nun in diesen Begriff einer solchen Benutzungsweise der des specifischen Triebes unter, so bildet er doch in dieser neuen Gestalt nicht nur fortdauernd bis zu gewissen Grenzen ein Princip der Erklärung, sondern anderseits auch ein Object derselben. Gerade die Aufsuchung der specifischen Anwendungsweisen, in welchen die Natur ihre allgemeinen Mittel zusammenfasst, ist eine sehr wichtige Aufgabe, deren Werth wir später noch deutlicher zu bezeichnen haben werden, anderntheils bildet der Begriff jener Triebe einen unentbehrlichen Durchgangspunkt in der Entwicklungsgeschichte der Wissenschaft. Unmöglich können alle Gebiete der Erfahrung gleich schnell zu jener Durchbildung gelangen, vermöge deren wir die letzten Erscheinungen sogleich auf ihre ersten bewirkenden Ursachen zurückzuführen wüssten. Sehr häufig werden wir uns mit der Betrachtung und der einstweiligen Zugrundelegung der zusammengesetzten Fähigkeiten begnügen müssen, welche ein Körper durch mancherlei vereinigte, aber noch unbekannte Gegenwirkungen seiner eigenen Bestandtheile und seiner Umgebungen erwirbt. Aus ihnen lassen seine weiteren L e i s t u n g e n n a c h a u s s e n häufig im Ganzen und Grossen sich überblicken, auch ehe man noch weiss, durch welche innere Einrichtungen der Körper eigentlich zu diesen Fähigkeiten gelangt. Die Natur des Körpers also erklären uns diese freilich nicht, wohl aber einen grossen Theil seiner Wirkungen, denn mit jenen zusammengesetzten Fähigkeiten, die wir vor der Hand als nicht weiter analysirbare betrachten, tritt er in die Reihe der übrigen Naturgegenstände und ihrer Gegenwirkungen ein. So wie daher die Physik mit vollem Rechte etwa den Begriff der Elasticität benutzt, um aus ihr die Wirkungen der Körper zu erklären,

obgleich sie umgekehrt aus der Natur der Körper nicht ebensowohl die Gründe der Elasticität zu entwickeln vermag, so werden wir auch in der Betrachtung des Lebendigen aus Begriffen ähnlicher Triebe die weiteren Entwicklungen desselben mit ziemlicher Genauigkeit zu übersehen im Stande sein. Eine vollständige Genauigkeit wird meist dadurch verhindert, dass jene Triebe uns grösstentheils nur ungefähr die Gestalt ihres Erfolges, nicht aber sein Mass vermuthen lassen. Sind wir nun genöthigt, solche Begriffe noch anzuwenden, so sind sie doch andererseits stets zugleich Gegenstände der Erklärung, und immer wird man streben müssen, an ihre Stelle die ganze entwickelte Kette einfacher Kräfte zu setzen, aus deren Ineinandergreifen nicht bloss jene allgemeine characteristische Gestalt, sondern auch die ganz bestimmte Richtung und Grösse der Erfolge sich ergeben würde.

29. Dies Letztere beständig hervorzuheben, obgleich wir im Allgemeinen dem Begriffe der Triebe eine gewisse Anwendbarkeit zugestanden haben, veranlasst uns der Rückblick auf die Geschichte der Wissenschaft, die sehr wenig glückliche Anwendungen desselben kennt. Das Bedürfniss der Erklärung wird nur befriedigt, wenn wir Erscheinungen auf eine Verknüpfung ihrer einfachsten Bedingungen zurückführen können; je früher wir in dieser Bemühung anhalten, und je vielfachere, buntere Ereignisse wir im Ganzen von einer und derselben Ursache ableiten, desto mehr einzelne zusammenwirkende Bedingungen verbergen sich noch in dieser, und ein desto grösserer Theil der Aufgabe der Erklärung bleibt ungelöst. Bezeichnen wir daher mit dem Namen eines Triebes irgend eine selbst noch aus einfacheren Ursachen hervorgebrachte Gewohnheit eines Naturproducts, in gewisser Weise thätig zu sein, so ist davon nur ein Gewinn zu erwarten, wenn diese zusammengefassten Thätigkeiten eine formelle Aehnlichkeit oder Gleichheit haben, oder unter einander so verwandt sind, dass man Hoffnung hat, auch Gesetze aufzufinden, nach denen sich die Gewohnheit des Wirkens richtet. Sind sie aber nur eine Mannigfaltigkeit verschiedener Ereignisse, deren Zusammenhang nur darin besteht, dass sie alle aus demselben Triebe fliessen sollen, so würde es einfacher sein, anstatt jedes solchen Triebes sogleich den allgemeinen Weltlauf als die bewirkende Kraft zu bezeichnen; aus ihm fliesst in der That ja Alles,

obwohl dies erkannt zu haben, für keine Tiefe der Erkenntniss gilt. Die üblichen Vorstellungen einer Lebenskraft leisten jedoch in der That kaum mehr. Aus einer und derselben Kraft leiten sie die allerverschiedenartigsten Leistungen, Wachsthum, Formbildung, Bewegung und chemische Thätigkeiten her, ohne doch irgend die zweiten Prämissen anzugeben, die für jeden dieser besonderen Fälle noch hinzukommen müssen, um jener einen Kraft bald diese bald jene Richtung des Handelns vorzuschreiben. Die Lebenskraft, sagt Mulder (physiol. Chemie. Braunschw. 1844. S. 67.) sehr treffend, gibt in diesem gewöhnlichen Sinne eine eben so unrichtige Vorstellung, als wenn man bei einer von Tausenden gelieferten Schlacht eine schlachtenliefernde Kraft annehmen wollte, durch welche die Geschosse sich entlüden, die Waffen gegen einander schlügen, und alle die Tausende der Menschen und Pferde liefen und ständen. Dieses drastische Bild zeigt, in welche Tautologien sich eine dynamische Ansicht dieser Art zu verlieren Gefahr läuft.

30. Allerdings fehlt es nun der Physiologie nicht an Versuchen, diese leeren Allgemeinheiten durch Aufstellung bestimmterer Triebe zu vermeiden, die in der Lebenskraft als einzelne Seiten derselben unterschieden werden. Die Namen Bildungstrieb, Sensibilität, Irritabilität, Reproduction sind in aller Munde. Sie sind offenbar nicht Bezeichnungen einfacher Kräfte, sondern zusammengesetzter Gewohnheiten oder Bestrebungen, mehr oder weniger auf ein bestimmt abgegrenztes Gebiet beschränkt. Aber obgleich dies die Hoffnung erregen könnte, dass für so umschriebene Thätigkeiten sich Gesetze ihres Wirkens finden würden, so existirt doch nichts Nennenswerthes der Art. Der Name Reproduction bezeichnet nur die Thatsache, dass eine Wiedererzeugung des Organismus stattfindet und kleidet diese Thatsache in die Gestalt eines Triebes, der sie bedingt, ohne dass jedoch dessen Handlungsweise im mindesten klarer würde; Sensibilität und Irritabilität sagen nur, dass zwei Klassen von Ereignissen vorhanden sind, so dass natürlich auch eine Neigung, sie hervorzurufen, dem Körper gehören muss, aber sie lehren nichts über das Zustandekommen beider, und was etwa über ihr gegenseitiges Verhältniss, namentlich auf pathologischem Gebiet, behauptet worden ist, hat sich nicht als Ergebniss vor-

urtheilsloser Erfahrung bewiesen. Nach diesen Bemerkungen ist es kaum nöthig, noch zu erinnern, dass für alle unsere späteren Betrachtungen die organischen Triebe hauptsächlich als Räthsel, welche eine Erklärung verlangen, in Frage kommen werden, und dass wir nur sehr unbedeutend von ihnen als Principien der Erklärung anderer Erscheinungen Gebrauch machen werden. Unläugbar ist diejenige Art der Naturauffassung, welche dem Wirbel der Erscheinungen die bedeutungsvollen, beständigen Gewohnheiten der Natur auf eine wahrhaft fruchtbare Art abzulauschen sucht, eine der schwierigsten wissenschaftlichen Unternehmungen, und für ein Zeitalter, das einmal Zugang zu den primitiven wirkenden Kräften der Natur gewonnen hat, ist es in gewissen Grenzen viel leichter, die Erscheinungen unmittelbar auf ihre letzten, einfachsten Gründe zurückzuführen, als sie auf eine bedeutsame Weise aus zusammengesetzten und abgeleiteten nächsten Ursachen zu begreifen. Damit jedoch hierdurch nicht Alles zurückgenommen erscheine, was wir dieser Auffassungsweise noch zugestanden haben, erinnern wir an das Gebiet der vergleichenden Anatomie und Morphologie, auf dem es bei völliger Unkenntniss der letzten bei der Gestaltbildung thätigen Kräfte, durch scharfsinnige Vergleichungen gelungen ist, den bei dieser Bildung herrschenden Trieb in viele feine Züge seines Planes auf eine wahrhaft fruchtbringende Weise zu verfolgen.

§. 4.

Mechanistische Naturansichten.

31. Wollten wir irgend eine Idee als die wirkende Macht ansehen, die in einer Erscheinung thätig ist, so wäre wenigstens dies gewiss, dass wir uns zu einer unthätigen Stellung ihr gegenüber verurtheilten. Denn Ideen der Natur zu verändern, ihre Wirkungen aufzuheben oder zu begünstigen, besitzen wir doch wohl kein Mittel, wir müssten denn den Sinn dieser Ansicht entschlossen so vervollständigen, dass wir uns solchen Mächten geistiger Art mit ebenso geistreichen Beschwörungen und Zauberformeln gegenüberstellten. Nicht besser würden wir fahren, wenn wirklich eigenthümliche wesentliche Triebe jeden Kreis der Erscheinungen beherrschten; auch sie würden in ihrer Abgeschlossenheit unseren Eingriffen keine fassbare Seite zukehren.

Auf Unterordnung des Mannigfaltigsten unter allgemeine Gesetze ist daher jedes Zeitalter besonders bedacht gewesen, dem es um thätige Einwirkung auf die Natur, nicht blos um sinnvolle Beschaulichkeit zu thun war. Auch die Heilkunst muss daher ihren grössten Fleiss darauf richten, alle verwickelten Erscheinungen des Lebens so aufzulösen, dass sie sich als Gewebe von Ereignissen darstellen, welche denselben allgemeinen Naturgesetzen gehorchen, vermöge deren auch die Mittel der Kunst eine Wirkung zu erzielen vermögen. So allein steht die Kunst mit gleichartigen Waffen der Natur gegenüber und vermag sie zu unterstützen oder zu bekämpfen. Es kann nicht helfen, dem nothwendigen Uebergang zu dieser Betrachtungsweise Klagen des Gemüths entgegenzustellen, das den dichterischen Duft verschwinden sieht, der früher die selbständige freiquellende Entwicklung der Dinge umgab. Genauer angesehen streiten ohnehin diese Bedürfnisse des Gemüths nicht so sehr als man glaubt, mit dem Verlangen der mechanistischen Ansichten, dass die eigenthümliche Bedeutsamkeit und Schönheit der einzelnen Erscheinungen vor allem auf dem Grunde einer allgemeinen Wahrheit ruhen müsse.

32. Suchen wir nun den Inhalt dieses Begriffs der Wahrheit der Welt näher zu bestimmen, der für uns die nothwendige Voraussetzung jeder Wissenschaft bildet, so ist zuerst deutlich, dass wir keine Erscheinung als eine unvermittelte, aus einem wesentlichen Triebe mit unberechenbarer Freiheit quellende betrachten, sondern dass wir jede als das nothwendige Ergebniss der eben vorhandenen und zusammenwirkenden Bedingungen ansehen. Allein man würde uns gänzlich missverstehen, wenn man nur diesen Begriff der Nothwendigkeit im Allgemeinen hervorheben wollte, denn eine solche haben am Ende alle Ansichten den Ereignissen zugeschrieben. Gerade darin liegt vielmehr das Eigenthümliche unserer Behauptung, dass eine wahrhafte Nothwendigkeit eben nur aus der Verkettung allgemeiner Gesetze mit ihnen untergeordneten Umständen hervorgeht. Der gemeinste Aberglaube, der durch irgend eine abenteuerliche Veranstaltung Erfolge in weiter Ferne hervorzubringen meint, beruft sich ebenfalls auf eine Nothwendigkeit, die sein Thun mit jener Wirkung verknüpfe; aber eben dadurch unterscheidet er sich als Hexerei von den wahrhaften Naturwirkungen,

dass jene Nothwendigkeit nicht eine Folge allgemeiner Gesetze sein soll, die den Zusammenhang der Dinge in der Welt beherrschen, sondern eine unmittelbare Thatsache, die nur in diesem Augenblick vorkommt, unter ganz gleichen Umständen aber nicht wiederholt einzutreten braucht. Ganz in gleicher Art würde es völlig fruchtlos sein, wenn Jemand vom Leben nur überhaupt behaupten wollte, dass alle seine Erscheinungen mit Nothwendigkeit aus einander folgen, oder dass ihre Zusammenhänge, Folgen und Verhältnisse in einem wesentlichen Lebenstriebe mit unfehlbarer Consequenz vorgezeichnet seien. Ansichten dieser Art sind weder selbst mechanistische, noch können sie solche entbehrlich machen. Erst dann wird vielmehr dem Grundsatze der Wahrheit der Welt genügt sein, wenn wir wissen, durch welche Verschränkung allgemein geltender, auch andere Gebiete der Natur durchdringender Wirksamkeiten diese bestimmte Folge von Erscheinungen nothwendig gemacht wird. Denn wir stellen uns die Welt nicht vor als ein Reich von ganz unvergleichbaren Dingen, deren jedes durch einen besonderen Zauberspruch gezwungen ist, einen bestimmten Entwicklungsgang mit blinder Nothwendigkeit zu durchlaufen, sondern vielmehr als ein solches Reich der Dinge, in welchem durchaus allgemeine Gesetze die wesentlich gleichartige Natur des Seienden beherrschen, so dass die Nothwendigkeit, mit der an dem einen Ende dieses Reichs ein Erfolg aus früheren Zuständen hervorgeht, eine Frucht desselben Zaubers ist, der am entgegengesetzten Ende andere Entwicklungen veranlasst. Wir sind daher auch nicht befriedigt, wenn man die Erscheinungen des Lebens nur insoweit etwa denen der unbelebten Natur vergleichen wollte, dass man sie auch von allgemeinen zwingenden Gesetzen, aber von ganz anderen, abhängig machte; vielmehr diese allgemeine Eigenschaft nothwendiger Begründung im Allgemeinen gleich von vorn herein voraussetzend, verlangen wir noch überdies, dass diese sich für das Lebendige auf dieselben höchsten Grundgesetze stütze, wie für das Unlebendige, von dem jenes Wirkungen empfängt und auf das es deren ausübt. Eine Verschiedenheit der Begründung wird nur in den abgeleiteten Gesetzen eintreten, die aus der Unterordnung der bestimmten dem Leben eigenthümlichen Umstände unter jene höchsten Gesichtspunkte entspringen; im innersten

Wesen aber wird nicht nur die Nothwendigkeit ein beiden gemeinsamer Zug sein, sondern gemeinsam auch die Kräfte und und Gesetze, von denen die Nöthigung ausgeht.

33. Wird nun in jedem Augenblicke eines Ereignisses die wirkende Kraft von einem allgemeinen Gesetze beherrscht, das auch sonst in der Welt eine breite Anwendbarkeit besitzt, so lässt sich daraus die nächste Folge für unsere mechanische Untersuchungsart leicht vorhersehen. Es muss nämlich dann darauf ankommen, die einzelnen Gesetze, nach denen bestimmte Gruppen von Erscheinungen den Aussagen der Erfahrung gemäss erfolgen, als abgeleitete Consequenzen höherer allgemeinerer Gesetze darzustellen und zu zeigen, wie sie aus diesen entstehen, indem die Unterordnung eines besonderen Kreises von Umständen den höchsten Beurtheilungsgründen eine bestimmtere Richtung, reicheren Inhalt, damit aber auch eine beschränktere Anwendbarkeit gibt. In der Ausführung dieser Forderung ist die neuere Naturwissenschaft unablässig beschäftigt gewesen und sie hat durch diese Zurückführung abweichender besonderer Gesetze auf Ein Princip mit bedingenden Nebenumständen nicht allein sich die Möglichkeit verschafft, den Einfluss eines Ereignisskreises auf einen andern zu berechnen, sondern auch die einzelnen Gesetze, von denen sie ausging, hat sie häufig erst durch diese Zurückführung auf einen genauen Ausdruck zu bringen vermocht. Allein je weiter diese Reduction ungleichartiger Erscheinungen auf verschiedene Zusammenhangsweisen einfacherer und gleichartiger Gründe ausgedehnt wird, desto weniger ist es möglich, durch beobachtende Erfahrung und Versuch überall diese Zusammenhänge nachzuweisen; sie werden mehr und mehr Gegenstände der Vermuthung, deren Richtigkeit sich nur aus der Vergleichung ihrer Folgen mit den gegebenen Thatsachen der Erfahrung beurtheilen lässt.

34. Wollen wir z. B. den gegenseitigen Einfluss berechnen, den zwei Körper im Stoss auf einander ausüben, so würden wir trotz aller übrigen Kenntniss der allgemeinen Gesetze der Bewegung doch nie zu richtigen Schlüssen gelangen, wenn wir nicht die Voraussetzung gelten liessen, dass die Massen beider Körper gleichartige und nach einerlei Mass messbare Grössen sind. Diese Voraussetzung ist aber in dem Falle, wo zwei Kör-

per von gleicher Raumgrösse verschiedene Gewichte haben, nicht die am nächsten liegende; es könnte vielmehr viel natürlicher erscheinen, das verschiedene Gewicht der Körper, deren übrige sinnliche Eigenschaften ebenfalls sehr von einander abweichen können, einer ursprünglichen qualitativen Ungleichartigkeit der Materien zuzuschreiben. Um aber den Einfluss begreifen zu können, den das Gewicht der Körper auf die Vertheilung der Bewegung im Stosse ausübt, müssen wir allerdings über diese Wahrscheinlichkeit der unmittelbaren sinnlichen Auffassung hinausgehen und die der unmittelbaren Erfahrung entzogene Annahme zu Grund legen, dass der Stoff aller Körper gleichartig, und daher die verschiedenen Grössen der von ihnen ausgeübten Kräfte von der in Zahlen ausdrückbaren relativen Menge ihrer Bestandtheile in gleichem Raume abhängen. So entstehen die Begriffe von Masse und Dichtigkeit, deren erster durch unmittelbare Anschauung nie, der zweite nur bei gröberen Zusammensetzungen bestätigt wird. Unzählige andere Vergleichungen der Erscheinungen führen zu ähnlichen Schritten. Um ihren gegenseitigen Zusammenhang zu begreifen, muss man den beobachteten Thatsachen ein unsichtbares Gerüst unterziehen, aus dessen Gefüge nicht nur die Möglichkeit der einzelnen Erscheinung, sondern auch die Einwirkung begriffen werden kann, welche sie von andern erfährt, die mit ihr dieselbe unbeobachtbare Grundlage theilen. Ueberblickt man auch nur einige Gebiete der Naturwissenschaft, so überzeugt man sich leicht, dass man nicht etwa damit ausreicht, nur zur Lösung der schwierigsten Fragen und nur selten in Bezug auf eine bestimmte Aufgabe diesen Schritt vom Gesehenen zum Unsichtbaren mit Vorsicht an der Hand ganz ausgebildeter Erfahrungen zu thun; selbst die gewöhnlichsten Probleme setzen im Gegentheil sehr ausgedehnte Annahmen über die der Beobachtung verborgenen Grundlagen der Naturkräfte voraus. Hierdurch werden wir nun auf die Frage nach der sicheren Ausführbarkeit der Forderungen gebracht, welche diese mechanistische Weise der Naturauffassung stellt.

35. Die Auffindung der Gesetze eines Kreises von Erscheinungen beginnt mit der Vorarbeit, aus der bunten Gesammtheit der Erfahrungen dasjenige zusammenzustellen, was in ihr als Vorangehendes und Nachfolgendes, oder als Gleichzeitiges

unzertrennlich verbunden ist. Diese Uebersicht setzt zwar voraus, dass diese Verknüpfung auf einem inneren Zusammenhange der Bewirkung beruhe, ohne diesen jedoch noch zu kennen. In den meisten Fällen nun sind die verbundenen Ereignisse so zusammengesetzt, dass nicht sofort erhellt, von welchem Theile des Vorangehenden welcher Theil des Folgenden abhängt. Von nun an sucht man planmässig gewisse Beobachtungen zu machen, während man früher hinnahm, was die Anschauung gerade darbot; man sucht jetzt das vorangehende Ereigniss in einer Reihe solcher Modificationen zu Gesicht zu bekommen, dass nach einander einzelne Theile desselben darin fehlen; beobachtet man darnach den eintretenden Erfolg, so gehört er dem noch bestehenden Theile der Bedingungen, während der jetzt fehlende Theil der Wirkung dem weggefallenen Theile der Bedingungen entspricht. Die Erfahrung gibt indessen selten Gelegenheit zur Beobachtung ausgedehnter Reihen solcher Modificationen; man sucht daher im Experiment diese Gelegenheit künstlich herbeizuführen. Der wesentliche Gedanke des Experiments beruht darauf, dass man die Bedingungen, von deren Zusammenwirken die Naturerscheinungen in ihrer gewöhnlich zu beobachtenden Gestalt abhängen, theilt und isolirt; dass man immer nur einer gewissen Anzahl derselben, die man genau kennt, mit Ausschluss aller übrigen mitzuwirken gestattet, während die Erfahrung uns nie sagt, mit wie vielen Gliedern in jedem Falle der Kreis der bedingenden Umstände eines Erfolges geschlossen sei.

36. Man lernt mithin aus dem Experimente, welcher einfachere Theil eines Erfolges von welchem einfacheren Theile der Bedingungen abhängt. Aber die blosse Thatsache der Abhängigkeit genügt nicht; man will vor allem auch das allgemeine Gesetz der Abhängigkeit begreifen, um beurtheilen zu können, welche Veränderungen des Erfolges einer bestimmten Verschiebung der Bedingungen nachfolgen müssen. Dies lässt sich wie jedes Allgemeine, das der Erfahrung entnommen werden soll, nur aus der Vergleichung vieler Einzelheiten finden. Man wird deshalb Versuchsreihen anstellen, in denen man einer und derselben Bedingung allmählig verschiedene Werthe gibt, um zu beobachten, welche entsprechenden Werthe demgemäss der von ihr abhängige Erfolg durchläuft. Solche Reihen würden jedoch

zunächst nur zur Aufstellung von Tafeln führen, in denen zu jeder Grösse der Bedingung die zugehörige Grösse des Erfolgs bezeichnet wäre und in der That sind wir bei mancherlei Gegenständen der Erfahrung genöthigt, auf dieser Stufe der Ausbildung unserer Erkenntniss stehen zu bleiben. Unser Wunsch ist jedoch wesentlich weiter gerichtet; wir wollen eine allgemeine Formel, welche das Gesetz der Abhängigkeit jedes Gliedes der Erfolgreihe von dem entsprechenden Gliede der Bedingungsreihe ausdrückt und uns gestattet, auch ohne Wiederholung der Beobachtung und ohne Tafel den Werth des erstern aus dem des letztern zu berechnen. Bis hierher haben uns die Erfahrungen gebracht, obgleich in ihrem ganzen Fortschritt schon von Grundsätzen geleitet, die bereits nicht mehr der Erfahrung angehören; dieser Uebergang zur allgemeinen Formel aber kann nicht mehr durch sie geschehen. Keine Messung kann die einzelnen Werthe jener beiden Reihen mit so vollkommner Genauigkeit darstellen, dass sie ohne irgend eine hinzukommende Berichtigung eine völlig gesetzmässige nach einem einzigen Princip der Entwicklung fortschreitende Reihe darstellten. Immer wird die gefundene Reihe einer streng mathematischen nur ähnlich sein, und nur weil ihre einzelnen Glieder um sehr unbeträchtliche Grössen über oder unter den Werth des mathematischen Gliedes schwanken, werden wir uns erlauben dürfen, die strenge Reihe für die empirische zu setzen, dem allgemeinen Grundsatze durchgehender einfacher Gesetzmässigkeit der Natur zu Folge. Nun ist allerdings bekannt, dass in vielen Gebieten der Naturwissenschaft Messungen mit so grosser Feinheit und auf eine so grosse Anzahl von Gliedern ausgedehnt vorgenommen werden können, dass die empirische Reihe fast völlig mit der vorausgesetzten mathematischen zusammenfällt; auch ist es häufig möglich, die Bedingungen des Versuchs und der Messung so zu variiren, dass man auf mehrere sehr verschiedene Weisen zu empirischen Reihen von abweichender Gestalt des Ausdrucks kommt, deren jede doch wieder auf dieselbe strenge Formel hinweist. Für alle praktischen Bedürfnisse der Naturwissenschaften steht daher die Berechtigung dieser Substitutionen im Allgemeinen hinlänglich fest, allein eben so muss darauf hingewiesen werden, dass sie doch immer nur Hypothesen sind, und dass die grösste Wahrschein-

lichkeit diesen ihren wissenschaftlichen Character nicht zu ändern vermag. Nun kommen aber häufig auch Fälle vor, in denen die Reihe der Erfolgwerthe gar nicht einen so einfachen und anschaulichen Fortschritt zeigt, dass man sie nothwendig nur nach einer und derselben Formel von der Bedingungsreihe abhängig denken müsste; es lassen sich oft auch mehrere wesentlich verschiedene Formeln und Gesetze denken, die gleich gut oder wenigstens gleich erträglich mit der Reihe der Beobachtungen zusammenstimmen. Auf welche Gründe gestützt werden wir uns in solchen Fällen für die eine oder die andere Annahme entscheiden?

37. Der Zweck der vorigen Bemerkungen war nur der, an einem der einfachsten Fälle die Betrachtung so weit zu führen, bis sich die Ueberzeugung aufdrängt, dass Gesetze der Erscheinungen überhaupt niemals auf einem bloss regressiven Wege, durch Analyse und Vergleichung der Erfahrungen gewonnen werden können, sondern dass diesem Verfahren jederzeit ein progressives entgegenkommen muss. Denn welches strenge Gesetz wir den schwankenden Erfahrungsreihen substituiren sollen, kann nur dadurch entschieden werden, dass von allen für deren einzelne Glieder passenden Erklärungsweisen nur eine einzige zugleich auch mit den nothwendigen allgemeinen Voraussetzungen verträglich ist, die wir über den Zusammenhang der Naturerscheinungen machen müssen, oder dass nur diese einzige in einen vernünftigen Zusammenhang mit den übrigen Thatsachen zu bringen ist, die in dem fraglichen Kreise der Naturereignisse stattfinden. Der erstere Fall wird völlige Gewissheit, der andere eine grosse Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit einer Erklärung geben. Im Allgemeinen sieht man daher, dass man einen gegebenen Kreis von Erscheinungen immer nur dadurch zu seiner gesetzmässigen Erklärung bringen kann, dass man ihn einem schon bestehenden Gebiete der Erkenntniss assimilirt, dessen Erinnerung der Untersuchung des neuen Gegenstandes entgegenkommt und ihr erst die Richtung anweist, in welcher sie dessen Gesetze suchen soll.

38. Von diesen Erkenntnissen allgemeinerer Art, die also der Betrachtung des Einzelnen helfend begegnen, ist der eine Theil, die höheren empirischen Naturgesetze, selbst nur auf die-

sem Wege entstanden, während nur der andere Theil gewisse dem Denken eigenthümliche und nothwendige Grundsätze enthält, die auf Veranlassung der Erfahrung zwar erst zum Bewusstsein zu kommen pflegen, ohne indessen aus dieser bewiesen werden zu können. Diese Grundsätze wirkten schon in unsern bisherigen Betrachtungen mit; dass es z. B. überhaupt Naturgesetze von allgemeiner Geltung gebe, dass unter völlig gleichen Bedingungen stets auch völlig gleiche Folgen eintreten werden, dass jede einfache Kraft durch ihr Wachsen auch wachsende Wirkungen bedinge, dass mithin jedes Ereigniss, das bei wachsender Kraft abnehmende Erfolge zeigt, von einer störenden Durchkreuzung mehrerer Bedingungen abhänge, und demgemäss auf eine Zusammensetzung von verschiedenen Kräften zurückzuführen sei, dies alles und die ganze Reihe der mathematischen Wahrheiten, welche uns das Ergebniss eines Conflictes von Bedingungen erst bestimmen und messen lehren, sind solche höchste Gesichtspunkte der Beurtheilung, die, an sich gewiss, keine Bestätigung durch Erfahrungen bedürfen, sie aber stets finden müssen. Dagegen welche Kräfte in der Welt vorhanden sind, und nach welchen bestimmten Gesetzen sie wirken, dies kann nur der Erfahrung entnommen werden. Jene allgemeinsten Gesetze daher, welche die Wirkungsweise der verbreitetsten Naturkräfte bestimmen und welche als der andere Theil jener oben erwähnten Erkenntnisse allen späteren Erfahrungen als mögliche Erklärungsgründe entgegenkommen, werden freilich nur um ihrer Einfachheit oder um ihrer Uebereinstimmung mit den Beobachtungen willen einstweilen hypothetisch angenommen, und ihre Wahrscheinlichkeit steigt in dem Masse, als unter ihrer Voraussetzung sich später noch andere Ercheinungen erklären, von denen man bei der Ausbildung der Hypothese nicht ausging; aber sie werden sich auch eine Verbesserung gefallen lassen müssen, sobald eine Thatsache gefunden wird, die sich mit ihnen auf keine Weise vereinigen lässt. Um nun das noch einmal auszusprechen, worauf es uns hier ankam, so entsteht die mechanistische Erklärung der Erscheinungen stets durch das Zusammentreffen zweier Gedankenreihen, deren eine von der empirischen Beobachtung ausgeht, während die andere ihr zur Auswahl und Benutzung eine Reihe allgemeinerer Wahrheiten und Gesetze entgegenbringt; die

Forderung ist, das beobachtete Einzelne diesem Allgemeinen und Umfassenden unterzuordnen.

39. Dazu aber werden die unmittelbar beobachteten einzelnen Thatsachen selten ohne Weiteres tauglich sein. Die meisten derselben haben so viele Nebenbestimmungen, dass sie nicht von selbst als Fälle eines einfachen abstracten Gesetzes einleuchten, sondern sogleich eine Verwicklung von mehrerlei Bedingungen vermuthen lassen. Es kommt daher darauf an, sie mit den Umständen, an welche ein allgemeines Gesetz eine Folge knüpft, zuerst vergleichbar zu machen, gewissermassen durch das Fleisch und Blut der Erscheinung hindurch ihr einfaches und festes Gerippe zu sehen, das aus einer Gruppe von Kräften besteht, welche an sich unter jene allgemeinen Gesetze fallen, in ihrer gegebenen Zusammensetzung aber die zu untersuchende Erscheinung hervorbringen. In der Bestimmung nun dieser grösstentheils der Beobachtung entzogenen inneren Structur der Thatsachen können uns freilich frühere Erfahrungen, Analogien aller Art von grossem Nutzen sein; eine vorhergegangene Entwicklung der Folgen, die aus allgemeinen Gesetzen unter gewissen Anordnungen der Umstände fliessen, kann uns schon vorher auf solche Verhältnisse geführt haben, die mit den jetzt beobachteten beinahe zusammenfallen, und deren Erklärung mithin wesentlich erleichtern; aber ausser diesen günstigen Fällen bleiben ungünstige genug übrig, in denen die Wahl des hypothetischen inneren Gefüges der Erscheinungen, durch welches sie den Gesetzen untergeordnet werden sollen, fast nur dem individuellen Scharfsinne überlassen bleibt. Kommt doch dasselbe auch in der strengen Mathematik vor, die häufig die Beweise für ihre Sätze nicht auf einem methodischen Wege, sondern auf einem glücklich getroffenen Umwege liefert, für dessen Aufsuchung es keine Regel gab. Dies Willkührliche ist der gefährlichste Punkt aller Theorien. Wirft man irgendwo einer Ansicht eine willkührliche leere Zusammenbauung von Vermuthungen vor, nennt man sie überhaupt eine unberechtigte Phantasie, so liegt fast überall gerade hierin das Getadelte, dass eine Reihe von Erscheinungen durch sehr vielfältige verwickelte und in gar keiner Erfahrung nachweisbar zu machende Mittelglieder mit einem Kreise allgemeiner Gesetze verbunden wird. Dass diesen am Ende Alles unterworfen sei, gibt

man freilich zu, aber man verlangt, dass das Beobachtete nicht gewaltsam, willkührlich und durch fingirte Vermittlungsglieder, sondern durch einen in seiner eigenen Natur liegenden und dieser abgelauschten Zusammenhang mit ihnen in Verbindung gesetzt werde. Und hier ist der Ort, wo wie wir oben schon andeuteten, die Auffassungsweise der dynamistischen Ansichten den mechanischen Erklärungsarten zu Hilfe kommen muss.

40. Den allgemeinsten Gesetzen der Kräfte gehorchen nicht nur die Ereignisse der Natur, auch die Ausübungen menschlicher Künste und Gewerbe müssen ihnen folgen; aber die Mittel, die der Natur zu Gebot stehen, sind häufig ganz andere, als die der Kunst; die Verfahrungsweisen mithin, durch welche beide dieselbe Wirkung auf Grund derselben allgemeinen Gesetze zu erzielen suchen, werden äusserst verschieden sein können. Jeder zusammengehörige Erscheinungskreis der Natur selbst beruht wieder auf einer gewissen eigenthümlichen Zusammenstellung von Mitteln, aus welcher für ihn gewisse typische stets wiederkehrende Arten von Processen folgen, Gewohnheiten der Natur, den eigenthümlichen Lautverbindungen vergleichbar, durch deren häufige Wiederkehr eine Sprache sich von der andern unterscheidet. Jede mechanische Erklärung der Erscheinungen hat dieses Verhalten ernstlich zu berücksichtigen; sie muss vor allen Dingen darüber sich ins Klare setzen, was in einem bestimmten Kreise von Naturvorgängen Sitte ist; und deswegen mussten wir die Aufsuchung der specifischen Triebe früher nicht blos als einen Durchgangspunkt in der Ausbildung der Ansichten, sondern als eine festzuhaltende Vorbedingung aller auch mechanischen Erklärungen anerkennen, deren Vernachlässigung in die bodenlose Willkührlichkeit zufälliger Ansichten hineinstürzt. Ist uns an einem Gegenstande, wie z. B. an dem lebendigen Körper eine kleine Anzahl von Erscheinungen durch die Beobachtung gegeben, so darf man nicht sogleich, einem völlig freien und ungebundenen Spiele wissenschaftlichen Scharfsinns sich hingebend, eine Art der Zusammenordnung materieller Atome mit ihren Kräften sich erdenken wollen, die gerade hinreicht, um dieses kleine Bruchstück des Lebens zu erklären. Denn es kann zwar glücken, diesen Zweck zu erreichen, aber man erreicht ihn vielleicht nur durch eine verwickelte Zusammenhäufung verschiedener sich un-

terstützender Verhältnisse, während der wirkliche Gang der Natur dieselben Erfolge auf einem durchaus andern Wege, als einfache Nebenerzeugnisse des ganzen Lebensplans hervorbringt. Oder, was nicht minder häufig ist, die einzelne Lebenserscheinung lässt sich in ihrer Isolirung durch Annahmen erklären, die durch ihre Einfachheit blenden, während wir, den Blick auf das Ganze des Lebens gerichtet, bald bemerken würden, dass diese Einfachheit dennoch täuschend und weitläuftig ist, weil sie eben nichts als jenes Bruchstück erklärt, und so für eine einzige Erscheinung ein besonderes Princip annimmt, wo es ohne Zweifel kürzer und einfacher gewesen wäre, aus dem einzigen an sich verwickelteren Princip einer grösseren Gruppe von Thatsachen die einzelne hervorgehen zu lassen. In der That ist dieses Schicksal der erklärenden Theorien häufig genug. Denn jeder wird sich hüten, gleich die volle Mannigfaltigkeit des Lebens aus den einfachsten Gründen aufbauen zu wollen; jeder nimmt einstweilen mit einem Grundgedanken vorlieb, der ihm skizzenhaft die äussersten Umrisse des Lebens erklärt. Dann aber, wenn dies scheinbar einfache und geistreiche Fundament zum weitern Aufbau benutzt werden soll, zeigt sich zu spät, dass diesem Schattenrisse der äussern Form die Kraft mangelt, den übrigen Inhalt in sich hinein zu erzeugen.

41. So kehrt der Einzelne, so wie die Wissenschaft in ihrer geschichtlichen Entwicklung, nachdem sie beide, von flüchtiger Kenntniss einzelner Züge des Lebens ausgehend, sogleich phantasiereich mancherlei hypothetische Substructionen seinen Erscheinungen untergezogen haben, immer zuletzt zu der Anerkennung zurück, dass man vor allem empirisch die wirklich angewandten Mittel, die grossen Gewohnheiten, die typischen Verfahrungsweisen der Natur kennen muss, ehe man im Stande ist, von diesen so beglaubigten Thatsachen aus eine mechanische Theorie des Lebens zu unternehmen, die alles auf die einfachsten Naturgesetze zurückführt. Diese Anerkennung ist von der äussersten Wichtigkeit für allen Fortschritt unserer Wissenschaft; sie ist es besonders in unserer Zeit, in welcher die Vorliebe für mechanische Erklärungen stärker im Wachsen begriffen ist, als das Verständniss ihres Zwecks und ihrer Mittel. Wie unendlich viele Umwege würden erspart worden sein, wenn man immer

eingedenk gewesen wäre, dass von allen einem beweglichen und phantasiereichen Kopfe zuströmenden möglichen Erklärungsweisen nur diejenige Berücksichtigung verdient, die soweit Erfahrung überhaupt reicht, Schritt für Schritt sich den Analogien des zu erklärenden Erfahrungskreises anschliesst. Vor der Kenntniss dieser empirischen Thatsachen ist jedes Herbeiziehen der obersten Erklärungsgründe, des Wesens der Materie, der Atome, Molecüle, Kräfte, ganz voreilig, sobald man damit sogleich Anstalt zur Erläuterung des Einzelnen macht. Nützlich und allerdings nothwendig ist es nur, sofern es geschieht, um in einem allgemeinen Ueberschlag die grösseren Formen des Zusammenhangs der Ereignisse zu überblicken, die freilich, weil sie jedem Systeme zusammengehöriger Elemente zukommen müssen, von der specifischen Verbindungsweise derselben in jedem einzelnen Falle unabhängig sind.

§. 5.

Verbindung der Naturauffassungen.

42. Wir haben gesehen, wie die bisher geschilderten Weisen der Naturauffassung in einander übergehen; eine umfassende Ausbildung der Wissenschaft muss aus ihrer richtigen Verknüpfung und der Abwehr unberechtigter Vermischung hervorgehen. Am meisten isolirt steht für uns die ideelle Deutung der Natur. Wie lebhaft wir auch wünschen müssen, dass der Sinn für dieses Verständniss der Natur sich ungeschmälert erhalte, so ist doch einerseits weder zu hoffen, noch nöthig, dass seine Ergebnisse jemals eine strenge Wissenschaft bilden werden; sie gehören vielmehr zu jener Gedankenwelt, die der lebendigen Bildung und dem ästhetischen Gefühl des Einzelnen ihre von der Individualität des Characters nie ganz abtrennbare Entwicklung verdanken. Anderseits steht diese ideale Deutung nicht in so naher Beziehung zu den praktischen Zwecken der Wissenschaft, dass sie als unerlässliches Glied auch der gemeinsten naturwissenschaftlichen Bildung gelten müsste. Wie früher schon erwähnt, ist es durchaus unmöglich, Jemand zu zwingen, dass er hinter den Formen der Natur noch etwas anderes sehe als die Formen selbst; so weit daher diese ideale Deutung eben nur ein eigenthümliches Verständniss der Natur anstrebt, kann sie als eine

harmlose Zierde der Bildung betrachtet werden, die, von unendlichem Werthe für den, der den Glauben an sie besitzt, dennoch ohne allen Einfluss auf die Pflicht und das Bedürfniss mechanischer Erklärungen ist. Allerdings ist unsere Wissenschaft nicht vollendet genug, um in manchen Fällen andere, als ideale oder teleologische Aufklärungen zu gestatten; allein überall hat man dann eine Lücke der Erkenntniss einzugestehen, und nie kann die ideale Erläuterung des vernünftigen Sinnes einer Erscheinung zugleich die causale Erklärung ihrer Entstehung ersetzen.

43. Aber ausserdem schreibt man teleologischen Ansichten einen bedeutenden heilsamen Einfluss auf die Gestaltung auch der mechanischen Erklärungen zu. Sie sollen als heuristische Maximen für den erfindenden Gedankengang dienen, der zuerst den Thatbestand der wirklichen Natureinrichtungen festzustellen sucht. Kennen wir die Bestimmung, den wesentlichen Zweck oder die Idee eines Organismus, so ist es leicht möglich, hieraus die Hauptumrisse dessen abzuleiten, was er leisten oder was ihm begegnen wird, so wie die beständigeren und allgemeineren Formen seiner Entwicklung und seines Benehmens nach aussen. Durch solche Vorübersichten wird unser Urtheil in der Wahl der Erklärungsgründe geleitet, und wir werden seltner auf solche gerathen, die dem Wesen des behandelten Gegenstandes und der Wahrheit fremd sind; oft werden wir durch sie auch veranlasst, den Thatbestand der Beobachtung für unvollständig zu halten und das Vorhandensein von Thatsachen zu vermuthen, die ihr bis jetzt entgangen waren, weil sie kein Interesse hatte, sie aufzusuchen; in den meisten Fällen endlich wird es uns gelingen, durch sie eine Mannigfaltigkeit einzelner Thatsachen in einen Zusammenhang zu bringen, in welchem jede erst den ihr zukommenden Werth und das Verständniss ihrer Bedeutung gewinnt. So sind teleologische Ansichten als Fermente des Fortschritts in vielfacher Weise wirksam. Aber fast Alles, was wir ihnen hier Vortheilhaftes nachrühmten, ist die Gegenwart ihnen abzustreiten eifrig bemüht. Während frühere Zeiten teleologische Betrachtungen als das Natürlichste ansahen und mit unbegreiflichem Leichtsinn die willkührlichst erdachten Zwecke der Natur durch oft ebenso wunderliche Mittel erreicht zu sehen meinten, ist der blosse Name der Zwecke für unsere gegenwärtige Physio-

logie zu einem Schreckbild geworden, das mit einer nicht weniger unbesonnenen Leidenschaftlichkeit verfolgt wird. Wir haben hierüber nur Weniges zu bemerken. Im Allgemeinen gehören die teleologischen Ansichten unter jene idealen, deren Recht und Unrecht wir bereits hinlänglich geschildert haben; allein obwohl der Zweck eine Art der Idee ist, deren Verwirklichung wir als die wesentliche Aufgabe irgend einer natürlichen Veranstaltung betrachten, unterscheidet er sich doch von den ästhetischen Ideen jener im engeren Sinne idealen Naturansichten hinlänglich, um einige besondere Bemerkungen über ihn nöthig zu machen.

44. Die allgemeine Voraussetzung jener idealen Auffassungen ist nur die, dass die anschauliche Welt der Erscheinungen der Ausdruck einer intellectuellen Welt des Sinnes und der bedeutungsvollen Gedanken sei. Es ist hierbei nicht nöthig, dass irgend eine einzelne Erscheinung oder ein Ereigniss sich zu irgend einem andern als vermittelndes, seine Wirklichkeit bedingendes Glied verhalte. Teleologische Ansichten machen dagegen über den formalen Zusammenhang der Welt gerade eben diese Voraussetzung ganz ausdrücklich, dass Einzelnes sich in ihr als an sich sein sollender Zweck, Anderes nur als Mittel zu dessen Erfüllung verhalte. In so fern stehen sie den mechanischen Ansichten näher als jene abstracten idealen; sie erkennen an, dass Ideen sich nicht ohne ein System zusammenwirkender Mittel verwirklichen lassen; sie stehen dagegen den mechanistischen darin gegenüber, dass sie die Kräfte und Substrate, von deren Gegenwirkungen der Weltlauf ausgeht, nicht als das Erste und Letzte, den Weltlauf nicht als blosses nachfolgendes Ergebniss, sondern als vorausbestimmtes Ziel, jene Kräfte dagegen nur als Mittel betrachten. Von einem höheren und allgemeineren Gesichtspunkte aus würden wir nicht anstehen können, gerade das Princip der Teleologie als das allein genügende und die Voraussetzungen aller andern Ansichten in sich zusammenfassende zu bezeichnen. An diesem Orte mag es genügen, seine Berechtigung im Allgemeinen anzuerkennen und auf die Möglichkeit seiner Nutzbarmachung auch für streng mechanistische Ansichten hinzuweisen.

45. Was nun die erste anlangt, so würde eine völlige Vermeidung teleologischer Vorstellungen, hätte man sich dieselbe früher vorgesetzt, den Fortschritt der Physiologie bis zu ihrem

gegenwärtigen Stande unmöglich gemacht haben; sollte sie jetzt durchgeführt werden, würde sie eine völlige und ganz nutzlose Umstürzung der anatomischen und physiologischen Anschauungen herbeiführen. Thöricht gewiss würde es sein, zu behaupten, dass die Muskeln des lebendigen Körpers nicht dem Zweck der Bewegung als Mittel dienten, dass ihre Gruppen nicht mit vollendeter Weisheit der Absicht geordnet wären, um der ganzen mannigfachen Regsamkeit des Geistes einen entsprechenden Ausdruck zu gestatten. Nur eine hysterische Furcht vor Uebergriffen eines Princips, dessen richtige Tragweite man ebenso misskennt als seine falschen Anwendungen, könnte dahin bringen, statt jener Ausdrücke zu sagen, die Contractilität der Muskeln sei lediglich eine Folge ihrer einmal vorhandenen Structur, die Harmonie der Bewegungen ein glückliches Product ihrer Lagerung. Niemand, dessen Auge unbefangen der Erfahrung offen steht, wird sich der natürlichen Voraussetzung entschlagen, dass es die Bestimmung und der Zweck des Herzens sei, als Mittel die Circulation des Bluts zu verursachen, Niemand wird Magen und Eingeweide nur als ursprüngliche Thatsachen ansehen, aus deren zufälligem Vorhandensein die angenehme physikalische Folge möglicher Reproduction entspringt. Es ist mit einem Worte eine thörichte Langweiligkeit, gegen jede Geltung des Zweckbegriffs auf dem Gebiete des Lebens sich zu sträuben, dessen Einrichtungen vielmehr nach allen Seiten hin unaufhörlich auf die absichtlichste Zweckmässigkeit hindeuten, und dessen Erforschung ohne die Voraussetzung derselben eine Unmöglichkeit sein würde.

46. Nun wissen wir freilich ebensowohl, als die eifernden Gegner dieser Ansichten, dass ein Unterschied ist zwischen der Anerkennung der objectiven Geltung eines Princips im Allgemeinen und der Möglichkeit es für die Wissenschaft als Erkenntnissprincip zu benutzen. Man hat es oft genug wiederholt, dass selbst wenn Zwecke die Welt regierten, doch wir sie nicht kennen und deshalb von ihnen in der Erklärung der Dinge nicht ausgehen können; wir selbst haben den idealen Naturansichten diesen Einwurf gemacht. Hier eben müssen wir jedoch eine nähere Bestimmung hinzufügen. Wer den Gipfel einer Gegend nicht wahrnehmen kann, vermag doch oft mittlere Höhen

bequem zu überblicken. Unsere menschliche Stellung den Dingen gegenüber ist von der Art, dass die höchsten Ideen, welche die Bestimmung der Welt im Ganzen oder auch nur die wesentliche Bedeutung eines einzelnen ihrer Geschöpfe bilden, keinen sicheren Ausdruck in unseren Begriffen gestatten; aber dies hindert nicht, dass wir einzelne Verhältnisse oder Vorgänge in der Natur als jedenfalls nothwendig zur Verwirklichung jener Bestimmungen oder als jedenfalls einen Theil derselben bildend, deutlich anerkennen können. Dies sind nicht die letzten, aber es sind unzweifelhafte Zwecke der Natur und indem wir sie voraussetzen, haben wir ein Recht, uns nach den Mitteln ihrer Ausführung umzusehen. Teleologische Ansichten, welche auf diese Weise nicht den ästhetischen Gedanken, der das letzte Wesen der Dinge bilden mag, unserer Erkenntniss aber unzugänglich ist, sondern solche formale Verhältnisse, die zur Erfüllung jeder idealen Bestimmung nöthig sind, als nächste Zwecke der Organisation betrachten, bleiben innerhalb der Grenzen, in denen jedes unbefangene Bewusstsein ihre Annahmen als richtig zugeben wird. Welches z. B. die speculative Idee sein mag, die dem thierischen Leben überhaupt zu Grunde liegt, das ist eine Frage, deren Beantwortung schwierig und gefährlich ist; lassen wir aber diesen höchsten Zweck immerhin undeutlich bleiben, so viel ist doch deutlich, dass Wachsthum, Entwicklung, Selbsterhaltung, Bewegung einzelne Momente desselben bilden, in Bezug auf welche die körperliche Organisation nur als ein System zusammengeordneter Mittel erscheinen kann. Auf den Kreis dieser nächsten Zwecke hat sich die physiologische Betrachtung meist mit richtigem Gefühl beschränkt und von dieser Voraussetzung geleitet, Grosses geleistet; wo sie es allerdings unternahm, den entfernteren letzten Zweck, zu dessen Erfüllung diese einzelnen Zweckerfüllungen beitragen, aus einem lebhaft gefühlten ästhetischen Eindruck in einen scharfen Begriff zu verwandeln, ist sie freilich auf unbeweisbare Behauptungen gekommen.

47. Eine allgemeine Regel haben wir nun noch beizufügen, welche, wenn sie gewissenhaft befolgt wird, jeden Streit mechanistischer und teleologischer Ansichten durchaus beseitigen muss. Wir konnten, wenn wir aufrichtig sein wollten, in den vorigen Bemerkungen doch auch die Anerkennung jener beschränkteren

näheren Zwecke nur auf die unmittelbare Evidenz gründen, mit der sich der Gedanke an sie in der Beobachtung aufdrängt. In vielen Fällen ist diese Evidenz gross genug, um allgemein anerkannt zu werden, in andern nicht; da sie überhaupt Niemandem mittheilbar und nicht beweisbar ist, so ist es allerdings nöthig, dass noch auf andere Weise bewiesen werden könne, ein vorausgesetzter Zweck habe wirklich reelle Geltung. Das kann natürlich nie so geschehen, dass man die Absichtlichkeit nachwiese, mit der irgend eine Thatsache zur Erfüllung dieses Zweckes vorher bestimmt sei, wohl aber ist es möglich, nothwendig und hinreichend, zu zeigen, dass das, was wir ihren Zweck nennen, doch mindestens ihre wirkliche Folge sei. Ist dies dargethan, so wird die weitere Untersuchung, möge sie nun nach teleologischer oder mechanischer Ansicht geführt werden, vollkommen dieselbe sein, und jeder Schritt nach der einen Ansicht wird sich in die Sprache der andern übersetzen lassen. Die Aufsuchung der zu einem thatsächlich nachgewiesenen Thatbestande führenden Bedingungen lässt sich ebensowohl als Deduction der zu ihm als einem Zwecke nothwendigen Mittel fassen, wie als Erforschung der zwecklos wirkenden Ursachen, die zu ihm als blossem Erfolge geführt haben. So ist es beispielsweise eine sehr natürliche Annahme, dass der thierische Körper ausdrücklich dazu eingerichtet sei, sich durch seine Lebensverrichtungen gegen mancherlei Störungen von Seiten der Aussenwelt zu erhalten, und wir werden später versuchen, die Folgen aus dieser teleologischen Voraussetzung zu entwickeln; aber es ist überhaupt nicht nöthig, der Sache diese teleologische Form zu geben. Denn die Thatsache ist wirklich vorhanden, und es unterliegt der Beobachtung, dass diese Selbsterhaltung in gewissen Grenzen stattfindet; mag man sie sich nun als einen vorherbestimmten erfüllten Zweck denken, oder lieber, wenn Jemand wollte, als eine Ungehörigkeit, die der eigentlichen Bestimmung der lebendigen Geschöpfe ganz zuwider durch den Lauf der Gegenwirkungen sich gebildet hätte, in beiden Fällen wird die Untersuchung der Ursachen, durch die sie bewirkt worden ist, gleich nothwendig bleiben und auf dieselbe Weise geführt werden müssen.

48. Ist nun die Anwendbarkeit teleologischer Principien im Allgemeinen wohl hinlänglich gerechtfertigt, so ist die richtige

Weise ihrer Anwendung allerdings noch oft schwierig genug. Doch sie hängt von den Umständen des einzelnen Falles ab; wir können deshalb in dieser noch allgemeinen Betrachtung nur eine weitere Bemerkung hinzufügen. Die Behauptung, dass in einer Organisation Gesichtspunkte der Zweckmässigkeit herrschen, ist nicht gleichbedeutend mit der andern, dass jedes Einzelne in ihr entweder Zweck oder Mittel sei. Glaubt die Physiologie, von ihrem besonderen Gegenstande, dem thierischen und pflanzlichen Leben eine solche durchdringende Teleologie behaupten zu dürfen, so muss sie dazu Gründe haben, die in der eigenthümlichen Natur eben dieses Gegenstandes liegen. Im Allgemeinen aber ist die, den teleologischen Theorien nicht selten eigene Neigung, überall Zwecke und Mittel zu sehen, und hinter jedem kleinsten Theile eines Ganzen eine besondere Bestimmung zu suchen, eine Uebertreibung, die gar nicht in der Natur des Zweckverhältnisses, sondern vielmehr in der jener falschen idealen Ansichten liegen würde, nach denen der Gedanke stets mittellos sich selbst verwirklicht. Sobald der Zweck zu seiner Realisirung die Wirksamkeit von Mitteln nöthig hat, die selbst wieder sich nicht mit geschäftiger Vorliebe seiner Verwirklichung widmen, sondern durch allgemeine Gesetze dazu gezwungen zu werden verlangen, so kann nichts mehr diese Stoffe und Kräfte hindern, genau so viel zu wirken, als ihrer Natur nach diesen allgemeinen Gesetzen zukommt; gleichviel, ob dies für die Realisirung des Zweckes hinreichend, ob es zu wenig oder zu viel ist. Der Mechaniker construirt eine Maschine mit der Absicht, dass sie gewisse Bewegungen erzeuge; dieser Zweck setzt als Mittel stets einen Stoff von irgend welchem Grade der Cohäsion, Biegsamkeit, Starrheit oder Elasticität voraus. Aber es gibt keine Stoffe, die lediglich diese für den Zweck dienlichen Eigenschaften besässen; man muss vielmehr mit dem Holz, dem Eisen, in dem man sie findet, auch die damit verknüpften Eigenschaften der Schwere, der Sprödigkeit, der Oxydirbarkeit in Kauf nehmen, und auch diese alle wirken nun so viel sie vermögen, aber häufig in einer für den Zweck der Maschine gleichgiltigen, oft in einer ihr selbst hinderlichen Weise. Auf demselben Wege wird in der Natur ebenfalls das Zufällige und Zwecklose, so wie das Krankhafte und Zweckwidrige entstehen, beide gleich nothwendig wie das Zweckmässige

durch zwingende Ursachen bedingt, aber durch solche Ursachen, die nicht zu ihrer, sondern zur Verwirklichung eines andern Zweckes ausdrücklich zusammengeordnet sind.

49. Das Beispiel der Maschine kann freilich nicht beweisen, dass gleiche Verhältnisse in der Natur stattfinden. Da es jedoch weitläuftig sein würde, diesen Beweis hier zu versuchen, so mag an seiner Stelle auf den allgemeinen Eindruck hingedeutet sein, den uns der Naturlauf macht, und der uns keineswegs ein so knappes Zusammenstimmen der Zwecke und der Mittel zeigt, dass die letztern genau nur das verwirklichten, was in der Absicht der erstern liegt. Das allgemeine Schicksal der Welt bindet vielmehr die Erfüllung der Zwecke in der Natur wie in der Geschichte stets an ein Zusammenwirken von Kräften, deren keine eine besondere einsichtsvolle Vorliebe für jene specifische Gestalt des Erfolgs hat, welche die Zwecke verlangen. Keine Kraft wirkt nach einem Plane, der in sich abgeschlossen ist, so dass mit dem letzten Acte, der dies Musterbild vollendete, auch die Thätigkeit nachliesse, die jetzt ihren Beruf erfüllt hätte; keine Kraft kann sich ferner beurtheilend und wählend von solchen Wirkungen zurückhalten, die in jenem Plane nicht, doch aber in ihrer eigenen Fähigkeit liegen. Darin vielmehr besteht die Natur jeder einfachen Kraft, dass sie immer und ewig nach demselben allgemeinen Gesetze thätig ist, und selbst unbekümmert um jede Gestalt des herauskommenden Erfolgs ihrer Thätigkeit die Bestimmung derselben vielmehr den Nebenumständen überlässt, die ihre Wirksamkeit beschränken und leiten; dass sie ferner überall genau so viel leistet, als ihr möglich ist, oder dass, was ihr zu leisten möglich, ihr auch zugleich zu leisten nothwendig ist, unbekümmert darum, ob sie hierdurch für einen ideellen Zweck zu wenig, zu viel oder Verkehrtes wirkt. Nur durch eine glückliche Zusammenordnung der Mittel, so dass ihre Zweckwidrigkeiten sich aufhöben, könnte die Natur aus ihren Gebilden jede Zufälligkeit entfernen, aber wir werden in der Betrachtung der einzelnen Lebenserscheinungen finden, dass sie diese Vermeidung des Zwecklosen nicht selbst für einen ihrer höchsten Zwecke ansieht, und dass deshalb die Voraussetzung einer ununterbrochenen Teleologie in allen Einzelheiten des Lebens sich nicht bestätigt.

50. Von der Verbindung der Naturauffassungen, die wir früher geschildert haben, versprach die Ueberschrift dieses Abschnitts zu handeln. Verstehen wir darunter eine Anweisung über die Art, wie und wo jede jener drei Ansichten ergänzend und helfend zu den andern hinzutreten muss, so würde unser Versprechen erfüllt sein. Die teleologische Methode, richtig und vollständig aufgefasst, führt uns mit Nothwendigkeit auf alle jene Fragen, welche diese früheren Ansichten jede einzeln verfolgten. Dass wir überhaupt Zwecke in der Natur sehen, obgleich wir nicht die höchsten, sondern nur die nächsten mit Deutlichkeit anzugeben wissen, verbindet uns mit den idealen Naturansichten. Aber wir fassen die Gedanken, die wir in der Natur zu finden glauben, nur als Vorbilder und Muster, nicht als sich von selbst verwirklichende Mächte. So lange die idealen Naturauffassungen diese Frage, wie das Ideale sich verwirkliche, offen lassen, können wir ihre Ausdeutungen des Werthes der Erscheinungen als eine unseren Bestrebungen anschliessbare Bemühung betrachten, deren Brauchbarkeit nur von der ästhetischen Gerechtigkeit abhängt, mit der sie dem wahrhaft Werthvollen in der Natur die Ehre geben und den Sinn derselben zu ahnen wissen. Sobald sie dagegen ideale Interpretationen zugleich für Erklärungen der Entstehung und Erhaltung der Erscheinungen ausgeben, müssen wir uns von ihnen trennen. Denn unsere Auffassung der Ideen als Zwecke nöthigt uns, einen zweiten, neuen Anfang der Betrachtung zu machen; wir müssen, dem Grundsatze dynamischer Ansichten folgend, eine Summe von vorhandenen Stoffen und Kräften in der Natur und eine vorhandene Verknüpfungsweise derselben voraussetzen, welche sich nicht aus den Zwecken und Ideen ableiten lässt, nicht durch sie, sondern ihnen gegeben ist, um ihre Verwirklichung zu vollziehen. So unabhängig ist die Vorstellung dieser bestehenden wirkenden Natur von jener Welt der Zwecke, dass sie auch allein abgesehen von jeder Voraussetzung von Ideen, eine vollständige Erklärung der Entstehung und Erhaltung der Natur zu geben vermag. Wer deshalb auf die ideale Ansicht der Natur verzichten will, mit dem können wir doch noch vollständig auf seine Art und Weise der Betrachtung eingehen; denn alles, was er verlangt, die Anerkennung factisch vorhandener Kräfte und Stoffe, ist uns ebenso nothwen-

dig; was wir noch hinzufügen, die Annahme nämlich, dass das Vorhandene einer idealen Ordnung entspreche, ist ein Gedanke, der von dieser Anerkennung ohne allen Einfluss auf die Untersuchung der Entstehung und Erhaltung ablösbar ist. Endlich ist es aus dem Vorangegangenen völlig klar, dass wir auch eine dynamische Ansicht nur zugeben können, so fern sie eine mechanische einschliesst. Indem wir von Gewohnheiten, Trieben der Natur, Typen ihres Verfahrens sprechen, fassen wir doch diese alle nur als Ergebnisse einer Zusammenordnung von Massen und Processen, die nach allgemeinen mechanischen Gesetzen handeln. Will nun eine rein mechanistische Ansicht nichts von solchen Trieben wissen, die zur Gestaltung eines gewissen Erfolgs organisirt sind; will sie vielmehr als das Ursprüngliche nur atomistisch vereinzelte Massen und Kräfte ansehen, aus deren zufälligen Verschlingungen jene Erfolge entstehen, so können auch wir uns diesem Verlangen fügen; denn auch für uns muss sich der erreichte Zweck stets zugleich als mechanisch nothwendiger Erfolg von Bedingungen analysiren lassen. Was wir ausserdem noch mehr glauben, dass nämlich jene Naturtriebe nicht bloss zufällige Wege sind, auf die der Strom der Ereignisse geräth, dass ihnen vielmehr eine tiefere Bedeutung in dem Ganzen der Natur zukommt, das kann, als eine besondere Art, den Werth der Dinge anzusehen, keinen Streit mit den mechanistischen Ansichten verursachen, deren Bedürfnisse und Pflichten wir ganz mit zu den unserigen rechnen. Jede Naturerscheinung bedürfte mithin nach unserer Meinung eine dreifache Untersuchung; eine erste der in ihr ausgedrückten Idee, eine zweite der empirischen Mittel, die sie verwirklichen, eine dritte der Combinationsweise, durch welche die Mittel nach allgemeinen Gesetzen gerade diese Erscheinung zu bewirken gezwungen sind. Keine dieser Untersuchungen kann die Stelle der andern vertreten.

51 Haben nun die bisherigen Bemerkungen gezeigt, wie bei der Untersuchung der Naturerscheinungen die einzelnen Ansichten ebensowohl auseinandergehalten als verbunden werden müssen, so zeigen sie doch allerdings noch nicht, wie nun die Ergebnisse der Untersuchung selbst zu einer gemeinsamen Naturansicht zu vereinigen sind. Jene drei Bearbeitungen sind Angriffe, die von verschiedenen Seiten her auf einen und den-

selben Gegenstand gemacht werden und sich zwar in diesem begegnen, ohne dass jedoch die Standpunkte, von denen aus sie unternommen werden, selbst in einem zusammenfassenden Gesichtspunkt verknüpft sind. Wir sehen vielmehr drei verschiedene Principien vor uns, denen wir gleichzeitig genügen müssen. Ist es nun zwar praktisch gewiss nothwendig, diese Principien so scharf als möglich zu scheiden, so wird doch ebenso gewiss durch die zerstückte Befriedigung der einzelnen Bedürfnisse unserer Erkenntniss das Gesammtbedürfniss der Erklärung noch nicht befriedigt, sondern erst diejenige Weltansicht würden wir für vollkommen und abschliessend halten können, welche uns jene verschiedenen Principien als einzelne Seiten eines einzigen und umfassenden darzustellen vermöchte. Wer in der Bearbeitung der naturwissenschaftlichen Fragen es als eine Regel der Untersuchung zugibt, dass stets die Idee einer Erscheinung nur als ein Vorbild, nicht als wirkende Macht betrachtet werden dürfe, dass vielmehr zu ihrer Verwirklichung ein Kreis vorhandener, durch sie noch nicht mitgegebener Stoffe und Kräfte aufgesucht werden müsse, der wird dennoch zugleich behaupten, dass in dem Ganzen der Welt diese Unabhängigkeit der Wirklichkeit von dem darzustellenden Sinne nicht stattfinden könne, dass vielmehr das, was den höchsten Werth und den wahrhaft wesentlichen Kern der Welt bildet, zugleich die schöpferische Macht sein müsse, die im letzten Grunde alles bewegt. Wer ferner es als eine Regel der Untersuchung gelten lässt, dass die Wirksamkeit eines gegebenen Stoffes nicht aus einer unberechenbaren Eigenthümlichkeit und Freiheit seines Wesens fliesse, sondern ihm nach allgemeinen überall geltenden Gesetzen zugemessen werde, der wird doch, wenn er seine Weltansicht abschliessen will, behaupten müssen, dass eine solche Vorexistenz allgemeiner, auf keinen bestimmten Erfolg gerichteter Gesetze, welche mit der Macht eines ewigen und grundlosen Schicksals alle sinnvolle Entwicklung beherrschten, unmöglich ist, dass vielmehr dieses Reich von Gesetzen entweder aus dem Inhalte der höchsten Ideen, als eine nothwendige Vorausbedingung ihrer Verwirklichung, oder aus der Natur des wirklich Vorhandenen als eine sich von selbst aus ihr ergebende Form seiner Wirksamkeit fliessen müsse.

52. Indem wir nun vollständig die Berechtigung dieses Verlangens nach Einheit des Princips anerkennen, halten wir es doch keineswegs für unsere Pflicht, es hier zu befriedigen. Wir denken nicht, einem oft gegebenen üblen Beispiele zu folgen, und einen Gegenstand, dessen Wichtigkeit und Schwierigkeit ein eigenes ernstes Studium erfordert, beiläufig an einem Orte zu erledigen, an welchem wir, ohne weit aus den Grenzen unseres Vorhabens auszuschweifen, die erforderlichen Voraussetzungen weder für sein Verständniss, noch für einen Beweis der schliesslichen Ansicht über ihn beizubringen vermöchten. Deshalb begnügen wir uns, unsere Ueberzeugung, die bereits in dem Vorigen angedeutet ist, dahin auszusprechen, dass wir allerdings nur ein einziges Princip der Welt, eine einzige lebendige Idee anerkennen, aus deren nicht weiter abzuleitender Wirklichkeit auch die Wirklichkeit alles Vorhandenen, aus deren bedeutungsvollem Inhalt ferner Form und Gestalt der Entwicklungen sowohl, als die allgemeinen Gesetze, denen jedes Wirken im Einzelnen gehorcht, allein entspringen, dass endlich ihr gegenüber weder eine besondere auf sich beruhende Welt der Stoffe, noch ein ursprungsloses ewiges Reich der Gesetze bestehen kann. Aber in der Natur jener schöpferischen Idee glauben wir zugleich einen Grund zu sehen, um deswillen sie, falls sie sich selbst treu bleiben und ihrem eigenen Begriffe gemäss sich entwickeln soll, nicht in jedem Augenblicke unmittelbar schaffend und mit Freiheit gestaltend auftreten kann. Sie ist vielmehr durch ihr eigenes Wesen gedrungen, ihre schöpferische Kraft nur in Gestalt eines zusammenhängenden Weltlaufs wirken zu lassen, sich ein Reich von allgemeinen Gesetzen selbst zu gründen, das fernerhin die unausweichliche Schranke für jede ihrer einzelnen Wirksamkeiten bildet, einen Kreis von thätigen Stoffen ferner zu gestalten, deren beständigen Wechselwirkungen künftighin allein die Realisirung dessen überlassen ist, was sie gebietet. Können wir daher in den Ausspruch einstimmen, dass der Anfang alles Mechanismus nicht mechanisch sei, so müssen wir diesen Satz auch so näher bestimmen, dass nur der Anfang der Welt aus einer unmittelbaren schöpferischen That der Idee hervorgehe, und dass das Erzeugniss dieser That der mechanische Weltlauf sei. So weit wenigstens das Gebiet der Naturwissenschaften reicht,

liegt für uns in diesen Ueberzeugungen das Mittel, unsere praktischen Untersuchungsregeln mit unserer ganzen Weltansicht in Uebereinstimmung zu setzen. Die Frage nach dem Ursprunge der Natur ist allerdings unbeantwortbar, ohne auf jene erste That des übersinnlichen Grundes der Natur zurückzugehen. Wo es sich aber, wie hier, nur um die Erhaltung und das Bestehen eines einzelnen Bruchstückes der Natur handelt, da tritt unsere Untersuchung erst nach Vollziehung jener That zu dem Lauf der Ereignisse hinzu, und findet diesen nun ein für allemal an jene eigenthümliche Verknüpfung und Durchkreuzung der drei erwähnten Principien gebunden.

53. Wir haben in allen bisherigen Ueberlegungen uns ausdrücklich bemüht, über die zur Betrachtung des Lebens nöthigen Grundbegriffe deutliche Ansichten zu gewinnen, ohne uns auf etwas Anderes als auf die natürliche Evidenz zu stützen, welche die Wahrheit für den unbefangenen Verstand haben muss. Werfen wir einen Blick auf die Art, wie dieser und verwandte Gegenstände jetzt unter uns behandelt zu werden pflegen, so können wir voraussehen, dass wir nur Wenigen zu Danke gesprochen haben. Es scheint unter uns durchaus für einen Vortheil zu gelten, die Schwierigkeiten einer Erfahrungswissenschaft noch dadurch zu mehren, dass man muthwillig die Schwierigkeiten der speculativen Untersuchungen hinzumischt. Alle diese Versuche haben bis jetzt den Nutzen vermissen lassen, den wir von jeder Erklärung der Principien erwarten müssen: sie haben nicht zu anwendbaren, handlichen Begriffen, nicht zu praktischen übersichtlichen Grundsätzen, nicht zu anschaulichen, in jedem Augenblicke für die Untersuchung klar bleibenden und nützlichen Vorstellungen geführt. Indem sie überall sogleich die höchsten Principien in Person ins Feld führten, und sie doch nicht festzuhalten und ihnen zu folgen vermochten, haben sie jenen peinlichen Zustand der Wissenschaft zu wege gebracht, in dem wir allenthalben Ahnungen, Aperçus, tiefsinnige Blicke durch die Einzelheiten hindurchfahren sehen, einige grell beleuchtend, um die Verbindung aller desto schwärzer zu beschatten. Dem allen gegenüber halte ich diese Sucht nach directer Anknüpfung an die höchsten Principien in den speciellen naturwissenschaftlichen Untersuchungen für einen methodologischen Fehler, und zwar aus

zwei Gründen, einmal weil sie etwas sucht, dessen Möglichkeit sehr zweifelhaft ist, und dann, weil der Nutzen dieser Anknüpfung, wenn wir sie auch bewerkstelligen könnten, wahrscheinlich sehr gering sein würde. Ich brauche nicht erst die Zweifel auseinanderzusetzen, die ich über den ersten Punkt hege; aber der zweite verdient noch einige Worte. Bei der Betrachtung verwickelter Grössenverhältnisse kommt es wohl vor, dass wir wirklich so glücklich sind, das Gesetz, nach welchem zwei veränderliche Grössen einander bedingen, auf eine allgemeine Weise ausdrücken zu können, dass wir aber dessen ungeachtet wegen der Unzulänglichkeit unserer Rechnungsarten diesen allgemeinen Ausdruck zu gar nichts benutzen können, wenn wir nicht Einzelnes in ihm vernachlässigen, Anderes nur für specielle, leichter zugängliche Bedingungen berechnen. Man würde gewiss sehr ungeschickt handeln, wenn man hier aus übel angebrachter Sucht nach Vollständigkeit solche Ergebnisse wollte bei Seite liegen lassen; gerade das Vollständige, das wir kennen, führt hier zu nichts; die Annäherungsmethoden, die praktischen Abkürzungen allein vermögen es aufzuschliessen und aus ihm auf eine zwar nicht allgemein und streng giltige, aber völlig hinreichende und fruchtbare Weise so viel Folgerungen zu ziehen, als wir zur Erklärung oft sehr umfänglicher Gebiete bedürfen. Etwas Aehnliches scheint uns auch hier stattzufinden. Zur Erforschung eines einzelnen wissenschaftlichen Gebietes ist ein beständiges volles Bewusstsein über die Natur des Weltganzen weder nöthig, noch würde es zur Klarheit der Untersuchung beitragen, wenn bei jedem Schritte unsere Gedanken durch eine lange Kette von Vermittlungen an ein haarscharfes Princip gehängt würden; viel wichtiger ist es, einen möglichst breiten leicht zugänglichen Boden aufzusuchen, den jeder Schritt leicht wieder zu erreichen vermag, wo die Gefahr des Verirrens droht. Einen solchen gewahrt uns hier der vereinigte Eindruck, den die Gesammtheit des Naturlaufs auf uns macht, und der uns deutlich jenes Zusammentreffen bedeutsamer Ideen, thatsächlich vorhandener wirksamer Mittel und allgemeiner Gesetze zeigt, auf deren Nichtzurückführbarkeit auf einander im einzelnen Falle auch sonst ja alles Poetische und Incommensurable des Lebens beruht. Wir schliessen daher diese Ueberlegung mit dem Bewusstsein, zwar nicht Welt-

räthsel gelöst, wohl aber praktische Ansichten aufgestellt zu haben, solche nämlich, die abgeleitet aus einer vorgängigen hier aber nicht beweisbaren Ueberzeugung über den Bau des Weltganzen, die Verfahrungsweisen lehren, im Einzelnen weiter mit den Dingen umzugehen

§. 6.

Von der Brauchbarkeit der physikalischen Begriffe für die Erklärung des Lebens.

54. Die mechanische Erklärung des Lebens ist eine Aufgabe, zu der sich gegenwärtig immer mehr Kräfte drängen; auch wir haben sie als eine unerlässliche Forderung bezeichnet. Aber wenn wir beobachten, wie Vieles nicht ohne Geist gegen sie eingewendet zu werden pflegt, so drängt sich uns noch einmal die Frage auf, ob das, was wir wünschen, auch möglich und ausführbar sei. Gewiss, indem wir verlangten, dass das Leben mit allen übrigen Naturerscheinungen einem und demselben Reiche allgemeiner Gesetze des Wirkens untergeordnet werde, war damit noch nicht ausgesprochen, dass dieses Reich von Gesetzen bekannt sei, am wenigsten, dass es nur in denselben Regeln bestehe, deren sich die Physik bei Betrachtung des Unlebendigen bedient. Dass wir das Leben mechanisch erklären müssen, widerrufen wir nicht, dass es aber mit Hilfe und im Sinne dieser Mechanik geschehen müsse, können wir nicht unbesehens behaupten, wie leider so Viele thun, deren Vorliebe für diese Art der Untersuchung auf keiner Vorüberlegung über Entstehung und Giltigkeitsgrenzen der Voraussetzungen beruht, die in den Naturwissenschaften sich allmälich festgesetzt haben. Auch in der Wissenschaft könnte eine lange Gewohnheit wohl demjenigen eine Sanction der Nothwendigkeit gegeben haben, was in Wahrheit nur durch ein Zusammentreffen besonderer Umstände sich bisher in seinem Werthe erhalten konnte. Vielleicht, dass eine fortwährende vorwaltende Beschäftigung mit der unlebendigen Natur uns in gewisse Anschauungsweisen eingewöhnt hat, die ohne allgemein richtig zu sein, doch eben in diesem Kreise von Gegenständen glücklicherweise als abgekürzte Ausdrücke der wahren Verhältnisse der Wissenschaft Dienste leisten konnten, während sie zu beschränkenden und verwirrenden Vorurtheilen wer-

den, sobald die Untersuchung sich dem lange vernachlässigten Kreise des Lebens zuwendet. Hier würden wir vielleicht den Thatbestand vielfach verfälschen und gewaltsam deuten müssen, um ihn den gewohnten Auffassungsweisen anzupassen, wir würden dagegen ebenso leicht überraschend einfache und fruchtbare Gesichtspunkte auffinden, wenn wir anstatt jener abgekürzten und angenäherten Grundsätze geradezu die höchsten Bedingungen alles Seins und Geschehens aufsuchten, und aus ihnen in Bezug auf das Leben andere, seiner Natur angemessene Grundsätze der Mechanik entwickelten, denjenigen parallel, welche die bisherige Physik für das Unlebendige besitzt.

55. Obwohl wir diese Zweifel nicht in grosser Ausdehnung theilen, schien es doch passend, schon im Allgemeinen an ihre Möglichkeit zu erinnern. Es gehört zu den immer mehr hervortretenden Unbesonnenheiten der jetzt üblicher werdenden mechanischen Physiologie, unbesehens als wahr und sicher, ja als allgemein giltig hinzunehmen, was für ganz abweichende Gegenstände von der Physik bisher als Grundlage benutzt worden ist. Dass aber diese mechanischen Principien einer weitern Aufklärung gar nicht unbedürftig sind, und dass sie nichts weniger als zweifellos auf ihren eigenen Füssen stehen, das ist für jeden leicht einzusehen, der sich der Geschichte ihrer Ausbildung erinnert. Was in unserer Zeit als ein sich durchaus von selbst verstehender Grundsatz gilt, davon hat dem im Allgemeinen doch nicht weniger der Wahrheit fähigen Geiste früherer Zeit das Gegentheil für unumstösslich gegolten. Dass jeder Körper, einmal in Bewegung, diese bis zum Eingreifen einer hemmenden Ursache fortsetze, glaubt jeder jetzt zu begreifen und belächelt die Thorheit anders Meinender. Dennoch hat die Ansicht, dass die Bewegung allmälich ermüde, lange Zeit die Wissenschaft beherrscht, und ziemlich spät ist jenes Gesetz des Beharrens zuerst stillschweigend, dann ausdrücklich der Theorie zu Grunde gelegt worden, nachdem man durch Beobachtungen sich überzeugt, dass die Bewegung desto länger anhält, je mehr man die Hindernisse entfernt, und daraus geschlossen hatte, dass sie bei deren völligem Wegfall unendlich werden müsse. Aber weder dieser, noch so viele andere Grundsätze und Grundbegriffe der Physik, die durch langen Gebrauch sich von der Frage nach ihrem Herkom-

men befreit haben, ist es gelungen, von vorn herein als allgemeine und nothwendige Gesetze der Ereignisse nachzuweisen. Die Physik bedient sich ihrer, ohne ihre Giltigkeit überzeugend, oder deren etwanige Grenzen deutlich darthun zu können, einzig mit dem Rechte, das ihre anerkannte Nützlichkeit und ihre Uebereinstimmung mit den bisherigen Erfahrungen ihnen gibt. Dies nämlich müssen wir anderseits zugeben, dass mit diesen Hilfsmitteln die Physik bisher einen steten Fortschritt und einen sichern Gang zu erzielen gewusst hat und ohne Zweifel würden wir uns sehr Glück zu wünschen haben, wenn die seltsamen Gedanken, die man zuweilen für die eigenthümlichen Gesetze des Lebens ausgegeben hat, nur die Hälfte des Gleichen leisteten. Es ist eine sehr gewöhnliche Unart der Philosophen, alles das bei Seite zu legen, was nicht durchaus nach philosophischem Ritus bewiesen ist. So haben sie denn auch oft versucht, neue Gesetze der Natur aufzustellen, auf welche in den Erscheinungen gar keine Hindeutung liegt, während die Grundsätze der Physik, wie wenig auch immer bewiesen, durch ihre ausgebreitete Uebereinstimmung mit der Erfahrung hinlänglich jeden Unbefangenen überzeugen, dass sie unläugbar in dem Gebiete ihrer bisherigen Anwendung richtig, obgleich vielleicht nicht der ursprünglichste und einfachste Ausdruck der Wahrheit sind. Diese beiden Extreme, das blinde Zutrauen zu allen Grundsätzen der Mechanik, und die blinde Verwerfung derselben müssen wir vermeiden, und indem wir zugeben, dass in der bisherigen Entwicklung der Physik ein ausserordentlich günstiges Vorurtheil für die Richtigkeit jener Grundsätze liegt, können wir doch zweifeln, ob ihre Giltigkeit allgemein ist.

56. Es ist indessen hier der Ort nicht, eine Kritik der mechanischen Principien durchzuführen, welche diese Bedenklichkeiten entweder zerstreute oder durch Verbesserung beseitigte. Eine Unzulänglichkeit zur Erklärung der Erscheinungen in ihnen anzunehmen, können wir nur Grund haben, wo der misslingende Versuch einer solchen uns im Einzelnen dazu nöthigt. Wir müssen daher den späteren Abschnitten dieses Bedenken vorbehalten, und allerdings werden wir einige Gelegenheit finden, die bisher üblichen physikalischen Grundbegriffe nicht als durchaus günstig ausgebildet für die Bedürfnisse der Physiologie anzusehen. Aber

abgesehen von diesen Mängeln im Einzelnen könnte man leicht auch die ganze Art und Weise der Auffassung in der mechanischen Physik als eine irrige betrachten wollen und ihre Anwendung nicht nur auf das Lebendige, sondern auf allen Naturlauf in Frage stellen. Man würde jedoch damit nur denselben Fehler begehen, den wir in den kurz vorher gemachten Bemerkungen rügten. Allerdings stimmen im Gegensatze zu der physikalischen Naturansicht, die in dem Begriffe der Materie den festesten Ausgangspunkt, in dem der Kräfte das sicherste Mittel des Fortschritts in den Erklärungen sieht, die verschiedenartigsten philosophischen Systeme in diesen zwei Punkten überein, dass sie die Materie nicht als ein selbständiges Wesen, sondern als eine Erscheinungsform eines übersinnlichen Realen begreifen, und dass sie ferner nicht von Kräften sprechen mögen, die allgemein in der Natur verbreitet, den Stoffen äusserlich angethan sind, dass sie vielmehr die Wirkungen jeder Ursache unmittelbar aus ihrer Natur und den gegebenen Bedingungen ableiten. Auch sind wir gänzlich damit einverstanden, dass die wenigsten der Grundbegriffe und Grundsätze der Physik eine wahrhafte objective Geltung besitzen; wir halten die meisten für Fictionen, durch welche die ohnedies schwer zu behandelnde Natur der Objecte und der Ereignisse unsern Untersuchungsmethoden zugänglich gemacht wird. Aber nur die Rücksicht auf die Sitte unserer Zeit, durch Herbeiziehung jeder aufzutreibenden Schwierigkeit die Durchführung einer einfachen und klaren Untersuchungsweise zu hemmen und zu verzögern, kann uns bewegen, auch diese Kluft zwischen unsern Kenntnissen und der Wahrheit der Dinge hier ausdrücklich noch aufzudecken, wo wir ausser Stand sind sie auszufüllen, und nur kurz bemerken können, wie wir uns trotz dem Bewusstsein ihres Vorhandenseins dennoch jener angefochtnen Grundsätze bedienen können.

57. Es ist eine weitläuftige, bisher kaum ernstlich unternommene, noch weniger ausgeführte Untersuchung der Naturphilosophie, auf welche Weise aus den allgemeinsten Ansichten, die man nothwendig über das übersinnliche Wesen der Dinge zu fassen hat, die Begriffe und Sätze, deren die Physik sich bedient, abgeleitet werden können. Obgleich wir nämlich in der Gestalt, in welcher sie gewöhnlich ausgesprochen werden, sie

nicht für solche halten können, welche das Wesen der Sache ausdrücken, so können wir doch die Augen nicht gegen die Anerkennung ihrer höchst umfassenden praktischen Nützlichkeit verschliessen, und sind daher genöthigt, sie als im Ganzen äusserst glücklich getroffene Abbreviaturen zu betrachten, welche den wahren Zusammenhang der Dinge in Formeln kleiden, in denen er für unser Umgehen mit den Erscheinungen die erforderliche Uebersichtlichkeit erhält. Dies allerdings oft um den Preis, dass in ihnen Manches als selbständig erscheint, was abhängig von einem Andern ist, Manches als gesondert vom Andern, was unauflöslich mit ihm verbunden, Vieles als zusammenhängend, was in der That nur mittelbar verknüpft ist. In den wahren inneren Zusammenhang der Dinge und der Ereignisse eröffnen diese Vorstellungen deshalb allerdings eine vielfach verschobene Ansicht; dies trifft indessen hauptsächlich die allgemeinsten Gesichtspunkte, nach denen aller Naturlauf von uns betrachtet wird, erlaubt jedoch recht wohl, innerhalb dieser Grenzen die Eigenthümlichkeiten, durch welche einzelne Erscheinungen sich unterscheiden, ihrem Werthe gemäss aufzufassen. Wir wissen nun, dass der Lauf des Lebens sich in Gestaltungen, Benutzungen und Veränderungen von Stoffen bewegt, deren Wirksamkeiten die Physik bisher sehr wohl durch jene ihre Abbreviaturen zu berechnen und zu vergleichen im Stande gewesen ist; wir dürfen daher das günstige Vorurtheil hegen, dass im Allgemeinen wenigstens auch die Erscheinungen des Lebens sich ihnen fügen werden. Gibt es aber in dem letztern eigenthümliche Verhältnisse, die zuerst eine Unzulänglichkeit der mechanischen Principien an den Tag bringen, so wird es Zeit sein, sobald wir auf sie stossen, eine Verbesserung jener zu versuchen. In keinem Falle dagegen würde es räthlich sein, ein so ausgebildetes und wohlorganisirtes Hilfsmittel, wie das System der mechanischen Principien eines ist, gänzlich fallen zu lassen, um die Lebensvorgänge unmittelbar an die viel schwieriger zu bestimmenden, durch keine Erfahrung veranschaulichten Ansichten über die wahre übersinnliche Natur des Realen anzuknüpfen.

ZWEITES KAPITEL.

Vergleichungen des Lebendigen und des Unlebendigen.

---

§. 7.

Vom Werthe der Unterschiede.

58. Den Namen des Lebens lässt der gewöhnliche Sprachgebrauch vielfältig in engere und weitere Bedeutungen verlaufen, in denen er bald nur auf beseelte Wesen anwendbar, bald fast gleichbedeutend ist mit der einfachen Vorstellung des Daseins überhaupt. Auch gestattet die Frage, mit welcher besseren Begrenzung sich der Begriff des Lebendigen von allen übrigen Gebieten der Natur entschieden abtrennen lasse, kaum mehr als eine willkührliche Beantwortung, so lange man nicht vorher sich über den Werth etwan aufzufindender Unterschiede verständigt hat. Zweierlei Angewöhnungen beherrschen in dieser Hinsicht den Menschen; bald eine logische Muthlosigkeit, welche die Wahrnehmung der geringsten Unterschiede sogleich an jedem Uebergang zwischen dem Verschiedenen verzweifeln lässt, bald ihr entgegengesetzt, eine logische Keckheit, die, wo sie irgend einen gemeinsamen Gesichtspunkt für zwei Gegenstände finden kann, sich wenig um den Werth und die Bedeutung dieser Gemeinsamkeit kümmert und mit Hinwegsetzung über gleichzeitig vorhandene Unterschiede gleichsetzt, was aus einander gehalten werden muss. Versuchen wir, die erfinderische Beweglichkeit der letzten Neigung mit der Gewissenhaftigkeit der ersten zu verknüpfen.

59. Wo Unterschiede zwischen Objecten zur Behauptung einer Fremdartigkeit ihres Wesens gegen einander benutzt werden sollen, kommt es hauptsächlich in Frage, ob die Beziehung, in welcher sie verschieden sind, absoluten Werth genug besitzt, um eine so tiefe und wesentliche Trennung zu begründen. Die Vergleichung der Naturerscheinungen kann nun in jener dreifachen Weise erfolgen, die überhaupt aller Naturbetrachtung zu

Grunde liegt. Wir können ihr Aussehen, ihre Theile und deren Zusammenhang, kurz den ganzen thatsächlichen Inhalt, den sie der Anschauug darbieten, phänomenologisch vergleichen; wir können anderseits causal untersuchend auf die Kräfte zurückgehen, durch die diese Erscheinung verwirklicht wird, oder durch welche sie selbst auf die umgebende Welt Einflüsse äussert; wir können endlich ideal interpretirend den Sinn hervorheben, zu dessen Ausdruck die eine und die andere berufen ist. Diese verschiedenen Gesichtspunkte sind von sehr abweichendem Werthe und ebenso schwankt die Bedeutung der Unterschiede, die in Bezug auf jeden das Lebendige vom Unbelebten trennen.

60. Aber auf den ersten Unterschied, den des äusserlichen Ansehens seiner Erscheinungen von dem Bilde, das uns das Unbelebte gewährt, sind wir alle geneigt, nur wenig Gewicht zu legen. Einerseits hat uns die gewöhnlichste Erfahrung schon das Leben in so mannigfaltigen Formen gezeigt, dass wir nicht hoffen können, es durch eine ihm überall zukommende Gestalt von andern Naturerscheinungen abzugrenzen. Anderseits wissen wir, dass Unterschiede des äussern Ansehens überall stetig in einander übergehen, und obgleich sie anfänglich als absolute und qualitative auftreten, sich doch bei näherem Zusehen in nur graduelle verwandeln, die keine Scheidewand darbieten können, von welcher rechts das Lebendige, links das Unlebendige läge. Formen ferner, die nur als solche betrachtet, nahe zusammengehören würden, müssen keineswegs noch zusammengehören, wenn man sie als Formen eines Realen betrachtet. So rücken z. B. die krystallgestaltenden Kräfte manche stereometrische Formen als nächste Glieder einer Reihe zusammen, die nach ihrer mathematischen Natur allein betrachtet, sich gar nicht so nahe stehen würden, während sie andere Figuren weit von einander trennen, die nach blos stereometrischer Auffassung nahe Verwandte gewesen wären. Die Unterschiede der äussern Erscheinungen sind daher nicht mit Nothwendigkeit gleich oder auch nur proportional den Verschiedenheiten der Wesen, sondern hängen oft in so verwickelter Weise von diesen ab, dass aus ihrer Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit nichts in Bezug auf die ihrer Substrate zu schliessen ist. Wo daher in den üblichen Definitionen des Lebens auf die Eigenthümlichkeit seines äussern Aussehens Rück-

sicht genommen ist, da finden wir doch meist solche Formen hervorgehoben, in denen sich eine Art des Zusammenhangs, ein Rhythmus des Geschehens zeigt, der zum Ausdruck einer bestimmten Idee geeignet ist, und durch diese eigentlich, viel weniger aber durch jene Formen an sich selbst, pflegt man die Unterschiede des Lebens von dem unlebendigen Dasein festzustellen.

61. Im Gegensatz zu dieser ersten Unterscheidungsweise würde die zweite, causale, sich hier auf die Stoffe und Kräfte beziehen müssen, durch welche die Erscheinungen des Lebens bewirkt werden. Zwar dass diese Mittel nicht durchaus andere sind, als die der übrigen Natur, wissen wir bereits; aber nicht, ob nicht einzelne dem Leben auschliesslich angehörige hier doch zu jenen hinzukommen. Wäre dies, so besässen wir daran allerdings einen beachtungswerthen Unterschied, doch noch immer einen von geringer Weite, so lange diese Mittel, obwohl sonst nirgends vorkommend, doch den gewöhnlichen Gesetzen der Naturwirkungen sowie den Principien der Mechanik unterworfen blieben. Wichtiger würde der Unterschied sein, wenn eine durchgreifende Verschiedenheit in der Benutzungsweise jener Mittel sich nachweisen liesse, so dass wir eine bestimmte Verwendung derselben als ausschliessliche Eigenthümlichkeit des Lebens betrachten dürften. Aber eine vollkommene Abtrennung des Lebendigen vom Unlebendigen würde nur bestehen, wenn zur Begründung des ersteren nicht nur andere Kräfte, als in der übrigen Natur, sondern solche mitwirkten, deren Aeusserungen sich überhaupt den Principien der physikalischen Mechanik nicht mehr unterordnen lassen; wenn z. B. der Nachweis gelänge, dass auch körperliches, scheinbar nur vegetatives Leben nicht ohne die Mithilfe einer gestaltenden Seele möglich sei. Obgleich nur der letzte dieser Fälle einen vollkommenen Gegensatz zwischen Lebendigem und Unlebendigem begründen würde, so fügen doch auch die übrigen Unterschiede, die wir nach dieser Richtung hin finden, selbst wenn sie es von der übrigen Natur scharf abzugrenzen nicht hinreichend sind, noch immer wesentliche positive Züge zu dem Bilde des Lebens hinzu.

62. Gelänge es jedoch nicht, irgend einen beständigen causalen oder genetischen Unterschied zwischen Lebendigem und Unlebendigem zu finden, so würde man sich doch die Unterscheid-

ung selbst nicht rauben lassen, sondern sie desto fester auf den idealen Gegensatz beider gründen. Denn der grösste Unterschied der Dinge ist der ihres Sinnes und ihrer Bedeutung, und er kann stattfinden, auch wo die Verwirklichungsweise mehr stetige Uebergänge als abgebrochene Gegensätze zeigt. Schönheit und Hässlichkeit werden durch dieselben gestaltenden Kräfte, nach denselben allgemeinen Gesetzen, nur mit verschiedenen Coefficienten gebildet. Lässt sich deshalb nachweisen, dass die Natur im Leben eine andere Idee ausdrückt, als in ihren übrigen Erscheinungen, oder nur dieselbe Idee in einer entschieden höheren Stufe der Ausbildung, so wird auch der Unterschied beider hinlänglich fest sein trotz aller Analogie der bewirkenden Mittel. Da wir von diesen letztern in unserer gewöhnlichen Naturwahrnehmung wenig zu wissen pflegen, so sucht der unbefangene Verstand stets das Wesentliche des Lebens in gewissen Zügen von idealer, ästhetischer Bedeutsamkeit, die es vom Unlebendigen einleuchtend abtrennen. Aber dieses Bild des Lebendigen, dessen genauere Umrisse die begriffebildende Phantasie von der Wissenschaft verzeichnet zu sehen hofft, ist von einer sehr unvollständigen Anschauung aus entworfen worden. So lange wir die höchsten Beispiele des Lebendigen mit dem offenbar Unbelebten vergleichen, ist jener unwillkührliche Eindruck ihres verschiedenen idealen Gehaltes zur Abgrenzung beider hinreichend deutlich; sobald wir aber von den Extremen beider Reiche uns zu den niedersten Formen des Lebens und zu den entwickeltsten Formen unlebendiger Massensysteme wenden, werden diese idealen Unterschiede schwankend. In der That ist es nun auch eine noch ganz unerledigte Frage, ob wir es als den Plan der Natur ansehen sollen, ihre Ideen mit scharf abgeschnittenen Grenzen krystallartig in einzelnen Gruppen von Erscheinungen darzustellen, und ob es nicht vielmehr in ihrem Sinne liegt, sie allmählich mit verfliessenden Grenzen in einander übergehen zu lassen. Obgleich daher Ideen völlig fähig wären, Erscheinungsgruppen entschieden zu trennen, so müssen wir doch in Bezug auf das Leben auch den andern Fall als möglich betrachten; dass der Unterschied, den wir suchen, nicht vorhanden ist. Dann aber würde es keine Genauigkeit, sondern ein Irrthum der Wissenschaft sein, wenn sie den Begriff des Lebens scharf begrenzte; sie würde ihn höch-

stens zur Bezeichnung des ausgezeichnetsten Gliedes einer Reihe benutzen können, die sich stetig in andere Glieder fortsetzt, in welchen wir das, was wir mit jenem Namen des Lebens meinten, gar nicht mehr entdecken, ohne doch die Grenze zu wissen, bei der wir es verloren.

63. Bei dieser Ungewissheit alles dessen, was die lebendige Sprachbildung durch die Ausprägung des Namens des Lebens bereits entschieden zu haben scheint, richten wir unsern Blick zunächst nur auf die ausgebildetsten, der Beobachtung am nächsten liegenden Beispiele des Lebendigen. Haben wir an diesen zweifellosen Gestalten die wesentlichen Züge des Lebens und seine unterscheidenden Merkmale kennen gelernt, dann wollen wir uns fragen, ob diese Züge so eigenthümlich sind, dass sie eine scharfe Abgrenzung des Lebendigen erlauben, oder ob sie so in entgegengesetzte Eigenschaften allmählich verfliessen, dass wir genöthigt wären, den Begriff des Lebens, wie so Viele wollen, auf Alles, auf Steine, Planeten und Weltsysteme überzutragen, dadurch aber seine Bedeutung fast ganz aufzuheben. Indem wir daher diejenige Bekanntschaft mit dem Leben voraussetzen, die jeder aus alltäglicher Erfahrung hat, würden wir es nach den angeführten drei Beziehungen mit dem Unlebendigen zu vergleichen haben. Doch sind nicht alle Theile dieses Vergleichs von derselben Wichtigkeit. Die phänomenologischen Unterschiede werden zweckmässiger zur Beschreibung des Lebens gezogen, da sie als trennende Kennzeichen wenig leisten würden; die idealen Unterscheidungen lassen erst dann sich fruchtbar behandeln, wenn das einzelne Material bekannt ist, in dessen Zusammenfassung wir eine Idee zu sehen glauben. Von besonderer Wichtigkeit ist es dagegen, hier sogleich zu untersuchen, ob die Lebenserscheinungen Hoffnung geben, dass sie unter die gemeinsamen Gesetze der übrigen Natur sich einreihen werden, oder ob sie mit Nothwendigkeit zu der Annahme ganz besonderer und anders wirkender Principien hindrängen. Zu einer Zeit, wo es hauptsächlich darauf ankam, das Recht der mechanischen Auffassung in der Physiologie zur Anerkennung zu bringen, haben wir diese Vergleichung in der Absicht angestellt, die Unwichtigkeit der gefundenen Unterschiede in dieser Beziehung zu zeigen (Wagner Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Leben und

Lebenskraft); gegenwärtig bei verändertem Stande der Ansichten wiederholen wir sie mit dem allgemeineren Vorsatze, neben jenem Unwerth auch ihren Werth als Andeutungen der characteristischen Anwendung hervor zu heben, welche wir von den physikalischen Mitteln im Lebendigen gemacht finden.

§ 8.

Von den Bestandtheilen der lebendigen Körper.

64. Nur so lange die Unvollkommenheit der chemischen Analyse eine Vergleichung der lebendigen Körper mit den unbelebten erschwerte, konnte man hoffen, in einem eigenthümlichen Lebensstoffe die Quelle aller Entwicklungen zu finden. Seitdem der Zusammenhang des organischen Chemismus mit der äussern Natur klarer geworden ist, haben diese Ansichten sich theils verloren, theils in eine andere, richtigere oder wenigstens zulässigere Annahme umgewandelt. Dies nämlich musste ja stets eine unhaltbare Hoffnung sein, aus jenem einen Lebensstoffe das Leben selbst zu erklären ohne die Hinzunahme einer grossen Menge anderer Bedingungen, die allein diesem Principe die Mannigfaltigkeit seiner Gestaltungen abnöthigen können. Was man dagegen beharrlich von ihm erwartete, war dies, dass in ihm, in seinen Eigenschaften der grösste Theil des Grundes für alle die Eigenthümlichkeiten der Entwicklung des Lebendigen liegen werde, und wenn man auch zugab, dass zur Entfaltung seiner Wirksamkeit einige äussere Bedingungen nöthig seien, so sollte doch der Einfluss dieser auf die Gestalt des Erfolges kaum in Betracht kommen gegen die überwiegende Macht, mit der sie von der Natur jenes Stoffes bedingt wird. So wie etwa einer fertigen Maschine noch ein Stoss nöthig ist, um die Trägheit ihrer Theile oder eine noch hemmende Reibung zu überwinden, während der Rhythmus ihres dadurch erregten Ganges nur in ihr selbst, nicht im Stosse seinen Grund hat; oder so wie dem Keime einer Pflanze Licht, Wärme und Feuchtigkeit noth thun, ohne dass doch sie die Gestalt der künftigen Blüthe bestimmten, so sollte auch der Lebenstoff den genügenden Grund für den Inhalt des Lebens, die äussern Bedingungen höchstens den für seine wirkliche Entfaltung enthalten. Aus einem solchen Gesichtspunkt

scheint z. B. die Aeusserung von Treviranus zu verstehen, dass in der Natur eine stets wirksame, indecomponible und unzerstörbare Materie vorhanden sei, wodurch alles Lebendige, vom Byssus bis zur Palme, vom punktförmigen Infusionsthierchen bis zum Meerungeheuer Leben finde.

65. Gleichwohl ist Treviranus selbst genöthigt hinzuzufügen, dass jene Materie an sich formlos und jeder Form des Lebens fähig sei; erst durch den Einfluss äusserer Ursachen erhalte sie eine bestimmte Gestalt, werde dadurch Byssus oder Meerungeheuer, und ändere diese Gestalt, wenn veränderte Kräfte auf sie einwirkten. In der That würde sich aus einem einzigen Stoffe allein stets nur eine einzige seiner Natur zugehörige Form ableiten lassen; für eine Mannigfaltigkeit verschiedener Gestalten kann er nie das genügende Princip sein; an ihr hat vielmehr die entsprechende Mannigfaltigkeit äusserer Bedingungen ihren nothwendigen Antheil. Aber sobald dies eingeräumt wird, muss man auch die Vorstellung eines Lebensstoffes fallen lassen, die in diesem irgend eine den gewöhnlichen Hergängen des Naturlaufs überlegene Macht der Entwicklung sucht. Bedarf dieser Stoff einmal in so überwiegendem Masse den Einfluss mitbedingender Umstände, so kann er höchstens noch als primus inter pares, als eine Substanz betrachtet werden, die vermöge ihrer Natur zu dem aus ihrer Wechselwirkung mit andern hervorgehenden Leben zwar einen vorzüglichen und ausgezeichneten Beitrag liefert, ohne doch anders als nach den allgemeinen Gesetzen wirkender Kräfte dabei thätig zu sein. So wie in einer Maschine einzelne Theile sich als Lasten, andere sich gegen sie als bewegende Kräfte verhalten, so könnte es allenfalls wohl einen eigenthümlichen Lebensstoff geben, dessen Hinzutritt den Wechselwirkungen anderer, der äussern Natur entlehnter, in allen Fällen die gemeinsamen Grundzüge lebendiger Gestaltung aufprägt.

66. Eine leichte Ueberlegung lässt uns jedoch auch in dieser logisch richtigen Form jene Vorstellung eines Lebensstoffes aufgeben, der unzerstörbar und indecomponibel beständig das Lebendige vom Unbelebten unterschiede. Denn nichts könnte ihn ja abhalten, nach der Zerstörung eines organischen Wesens in die äussere Natur zurückzukehren, und da er überhaupt zur Wechselwirkung mit andern Stoffen fähig sein soll, wirklich in

eine solche einzutreten. Dadurch aber würde er in der That ein Bestandtheil dieser äussern Natur, benutzbar für das Leben, nicht aber dem Kreise des Lebendigen allein eigenthümlich und nur innerhalb desselben durch Ueberlieferung fortgepflanzt. Das Absterben einzelner, die Entstehung anderer lebender Wesen setzt mit Nothwendigkeit ein beständiges Zurückgehen der lebensfähigen Stoffe in den allgemeinen Kreislauf der Natur und ebenso ein beständiges Wiedereintreten derselben in den Bereich einer organisch gestaltenden Macht voraus. Desshalb werden alle Versuche vergeblich sein, einen Stoff aufzufinden, der nur dem Lebendigen angehörte, nicht aber auch ausserhalb desselben seine physikalische Geschichte besässe. Leistet einer im Leben etwas ganz Anderes und Höheres als ausserhalb desselben, so liegt der Grund davon nur in der eigenthümlichen Summe von Beziehungen, in welchen er hier mit vielen anderen Substanzen zusammengefasst ist. Diese Form der Zusammenfassung allein ist das, was das Leben vom Unlebendigen abscheidet; sie ist es, die bei der Zerstörung eines organischen Wesens ganz und völlig zu Grunde geht; sie ist es ferner, die bei der Entstehung neuer einem Haufen von Stoffen, der keine Analogie von ihr zeigte, durch die Kraft eines Keimes, in dem sie noch herrscht, aufgedrängt wird; sie ist endlich dasjenige, was nur innerhalb des Kreises der Lebendigkeit fort und fort überliefert wird und in dem grossen Gewirre des Naturlaufes einen isolirten Faden des vielfach verschlungenen Gewebes darstellt. Nicht auf eine unzerstörbare, indecomponible Masse durfte man die Abgeschlossenheit und Eigenthümlichkeit des Lebens gründen wollen, vielmehr das scheinbar Vergänglichste, die blosse Form einer Zusammensetzung scheidet es vom übrigen Naturlauf, während Festigkeit und Unzerstörbarkeit die unpassendsten Eigenschaften sein würden, die wir einem auch nur dienstbar zu seiner Verwirklichung beitragenden Stoffe zuschreiben könnten.

67. Von allen Stoffen, die sich an der Erdoberfläche vorfinden, sehen wir zur Bildung organischer Geschöpfe nur sehr wenige auf eine allgemeine Weise verwandt, obgleich alle häufiger vorkommenden löslichen Substanzen zuweilen innerhalb ihrer Körpergrenzen angetroffen werden. Zum Baue jener Theile, die dem Leben vorzugsweis Dienste zu leisten bestimmt sind, finden

wir hauptsächlich Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff verwandt. Die Bevorzugung dieser Substanzen darf uns nicht verleiten, sie als einen Ersatz des aufgegebenen Lebensstoffes anzusehen, und in sie selbst hinein irgend eine mystische Lebendigkeit zu dichten, oder zu glauben, es läge in ihnen das Princip des Lebens fertig bereits vorhanden, eines Anstosses zur Entfaltung wartend. Im Gegensatz zu solchen Phantasien, die in der Zeit der Naturphilosophie so häufig das Nachdenken von wichtigeren Seiten dieses Gegenstandes abzogen, lässt sich leicht darthun, dass jene Stoffe nur deswegen zum Leben benutzt werden, weil sie die zweckmässigsten Mittel seiner Herstellung bilden. Denn welches auch bestimmter der Zweck des Lebens sein mag, ohne Veränderlichkeit und Entwicklungsfähigkeit ist er nicht zu erreichen. Diese aber wird nur da bestehen können, wo der Zusammenhang des Substrats der Entwicklung für die Einwirkung äusserer Einflüsse nicht zu fest ist, um sich durch sie modificiren zu lassen, wo ferner das Material, das die Entwicklung aufzunehmen und zu gestalten hat, leicht aus dem äussern Naturlauf in den Kreis des Lebens eintreten und aus ihm wieder austreten kann; wo endlich die Veränderungen, die es im Laufe der Bildung und Benutzung erfährt, nicht in einzelnen abwechselnden Stössen von Bewegung und Ruhe oder in plötzlichen Uebergängen aus einer Form in die andere bestehen, sondern sich einem stetigen allmählichen Werden wenigstens annähernd vergleichen lassen. Diese drei Forderungen werden vereinigt von jenen Stoffen, und kaum unter den gegebenen Bedingungen an der Erde von andern als von ihnen erfüllt.

68. Was die erste derselben betrifft, so muss, wo irgend ein Gebilde in fortwährender Wechselwirkung mit dem Aeussern stehen soll, sein chemisches Gleichgewicht leicht verletzlich, obwohl nicht leicht bis zum Aufgeben aller früheren Form zerstörbar sein. Die Wellen des Lichtäthers, die leisen elektrischen Bewegungen in sich auflösenden Substanzen, an denen unsere Geschmacks- und Geruchsempfindungen zu hängen scheinen, und wie viele andere Reize würden fruchtlos an unsern Sinnesnerven vorübergehen, wenn diese aus Körpern von festem chemischem Gleichgewicht und grosser Widerstandsfähigkeit gegen Störungen desselben beständen und nur die Einwirkungen auf sich gestatte-

ten, die jeder Körper von blos mechanischen Eindrücken erleidet. Und selbst wo die Beweglichkeit einer Organisation nur in ihrem Wachsthum und ihrer formellen Entwicklung bestände, müsste sie doch, wenn sie so wie das Pflanzenleben, durch feine Einwirkungen der Umgebung geleitet und erzogen werden sollte, eine ähnliche, obgleich geringere Veränderlichkeit ihres Substrats besitzen. Zwischen jenen vier Elementen nun finden nur wenige Verwandtschaften von beträchtlicher Stärke statt; ihre Verbindungen, namentlich wo mehr als zwei von ihnen sich zusammenbefinden, werden durch schwache äussere Kräfte bereits getrennt. Aber mit der geringeren Heftigkeit der chemischen Verwandtschaft ist bei ihnen wie bei andern Stoffen zugleich die Fähigkeit vereinigt, in um so zahlreicheren verschiedenen Proportionen sich mit einander zu verbinden, während Elemente von starker Affinität meist nur sehr wenige und schwer zerlegbare Verbindungsstufen besitzen. Aeussere Einflüsse zersetzen daher diese vielfach gegliederten Stoffcomplexe nicht sofort in ihre letzten Bestandtheile, sondern führen sie zunächst in andere, in ihrem Verhalten noch mehr oder weniger analoge Zusamensetzungen über, so dass ihr Gleichgewicht zwar durch feine Einwirkungen verletzbar, aber nur durch heftigere, die nicht im gewöhnlichen Naturlauf liegen, völlig zerstörbar ist. Sie erfüllen eben dadurch zugleich die dritte Forderung, indem die Vielfachheit ihrer Verbindungsweisen zwischen jedem Ausgangspunkte einer Entwicklung und der zunächst zu erreichenden Stufe eine fast stetige Reihe von Mittelformen der Stoffe erlaubt, durch welche Wachsthum, Bildung und Ernährung nicht stossweise, sondern allmählich in stetigem Fortschritt vor sich gehen. Aber auch der zweiten Forderung thun sie zum Theil schon durch dieselbe Eigenschaft Genüge. Eine Vielfältigkeit der Functionen, die das Leben ausüben sollte, verlangte vielfach verschiedene Organe, und zu ihrer ersten Bildung sowohl, als zu ihrer Wiederherstellung, falls die Functionsübung selbst sie aufreiben sollte, waren verschiedenartige Bildungsstoffe nöthig. Die einfachste Anordnung ist hier ohne Zweifel die, dass ein Ernährungsmaterial hinreicht, um durch geringe Modificationen jene verschiedenartigen Bestandtheile zu bilden, nicht aber dass für jeden ein besonderer Stoff aus dem allgemeinen Naturlauf entlehnt werden muss. Dieser Zweck

wurde leicht durch die Wahl jener Elemente erreicht, deren Combinationsweisen eine unerschöpfliche Mannigfaltigkeit zuzulassen scheinen. Doch ist es nicht nöthig, von Zwecken und Wahl zu sprechen; das ausschliessliche Vorkommen jener Elemente als Baumaterial der Organismen lässt sich noch von einem andern Gesichtspunkt leicht als nothwendig begreifen. Leben mit seiner beweglichen Gestaltung kann nur in einem leicht nachgiebigen verschiebbaren Mittel bestehen. Die Stoffe, die in fester Gestalt allein in dem Innern der Erdkruste vorkommen, können daher den Hauptheil seiner Substrate nicht bilden; nur das Wasser und die gasförmigen Körper, die nach der Abkühlung der Erdrinde übrig blieben, konnten als bewegliche, allenthalben vorhandene Elemente jenen allgemeinen Lebensstoff darstellen, der sich aus seiner formlosen Verbreitung unablässig an einzelnen Orten zu lebenden Wesen verdichtet, und eben so unablässig aus ihnen in den Luftraum, den grossen Behälter der lebensfähigen Stoffe zurückströmt. Uns erscheint daher natürlich das Leben an jene vier Elemente, welche unsere Atmosphäre zusammensetzen, geknüpft; aber unter anderen Verhältnissen, als denen, die an der Erdoberfläche wirklich bestehen, würden wir keinen Grund sehen, warum nicht Lebenserscheinungen auch durch völlig andere Stoffe getragen werden sollten. Auf den Planeten, die der Sonne näher oder ferner sind, würden die Substrate unserer irdischen Organismen dort allzuzersetzlich, hier zu wenig beweglich sein, um zu ähnlichen Functionen zu dienen; möglich, dass auf den ersteren schwerflüssigere, auf den letztern noch flüchtigere Verbindungen an ihre Stelle treten, um ein organisches Leben, freilich wohl in sehr abweichenden Formen, zu begründen. Allein aus den Grenzen der Erfahrung auf dieses Gebiet leerer Vermuthungen auszuschweifen, hat für uns nur den Sinn, zu zeigen, wie wenig die Lebenserscheinungen einen nothwendigen mystischen Grund in jenen Elementen haben, die vielmehr nur unter den eben vorhandenen Umständen zur Begründung des Lebens am leichtesten dienstbar zu machen waren. Und aus demselben Gesichtspunkte der Nützlichkeit begreifen wir auch, dass die Natur sich nicht einzig auf sie beschränkt, sondern für einzelne Fälle andere mitanwendet; wie sie denn zur Bildung der Knochen, denen die bewegliche Veränderlichkeit

der übrigen organischen Theile nicht zukommen durfte, die schwereren Erdsalze reichlich benutzt.

69. Konnte man nun das Lebendige nicht durch den ausschliesslichen Besitz eines einfachen Stoffes characterisiren, so hat man um so mehr in der eigenthümlichen Verbindungsweise seiner zusammengesetzten Substrate die Wirkungen einer ihm allein eigenen chemischen Kraft zu sehen geglaubt. Aus je zwei Elementen sollte jede unorganische Verbindung entstehen, und sich ebenso wieder mit einer andern gleich binär zusammengesetzten vereinigen; in den organischen Materien sollten drei, vier und mehr Elemente sich unmittelbar zu einer ternären oder quaternären Verbindung zusammenthun. Dieser Unterschied, obgleich gar kein Grund vorhanden wäre, ternäre Verbindungen von andern als den chemischen Verwandtschaftskräften der Elemente abzuleiten, würde doch jedenfalls auf eine specifische Anordnung der Umstände hindeuten, unter der im Lebendigen diese Kräfte zur Ausübung kommen. Aber die Thatsachen sowohl als die Vorstellungen, durch die man sie deutet, sind gleich zweifelhaft. Es ist nichts als eine Fiction der gewöhnlichen chemischen Nomenclatur, dass, wenn zwei binäre Verbindungen sich etwa zu einem Salze verknüpfen, Säure und Basis als zwei qualitativ noch verschiedene Bestandtheile in der ganz gleichförmigen Masse des neu entstandenen Productes vorhanden seien. Wir wissen nichts, als dass aus Säure und Basis ein homogenes Salz entsteht, und dass unter der Einwirkung anderer Einflüsse dieser homogene Körper wieder in jene zwei heterogenen zerlegt wird. In welchem inneren gegenseitigen Zustande sie beide sich aber während der Dauer ihrer Vereinigung befunden haben, ist durchaus unbekannt, und die üblichen Formeln, welche ein Salz durch die Summe seiner Säure und Basis als noch unterscheidbarer Bestandtheile bezeichnen, sind ihrem wahren Sinne nach nur genetische, aber nicht descriptive. Auch fehlt es innerhalb der Chemie selbst bekanntlich nicht an abweichenden Ansichten über die Constitution der Salze, und wir können deshalb die binäre Zusammensetzung unorganischer Körper nur als eine Hypothese betrachten, die uns wenig wahrscheinlich ist in der nur für einen einseitigen Atomismus brauchbaren Form, in der sie gewöhnlich aufgestellt wird. Anderseits

ruht die ternäre oder quaternäre Zusammensetzung der organischen Substanzen auf keinen besseren, sondern auf noch schwächeren Gründen. Denn das, was bei den unorganischen die Meinung ihrer binären Construction stützte, die Wahrnehmung ihrer Entstehung, fehlt hier: Niemand hat eine organische Substanz direct aus der Zusammenwürfelung ihrer drei oder vier Elemente hervorgehen sehen. Nur die Unfähigkeit, die meisten organischen Stoffe durch gelinde Mittel in zwei oder vier zusammensetzende Verbindungen zu trennen, und die Wahrnehmung, dass heftigere Einwirkungen sie in ihre Elemente mit nachfolgender Wiederverbindung derselben zu binären Producten zerlegen, hat auf die Vorstellung jener eigenthümlichen inneren Construction, oder vielmehr des Mangels einer solchen geführt. Nur weil wir diese Vorstellung für ein Vorurtheil von wichtigen Folgen für die physiologischen Ansichten halten, kamen wir auf sie ausdrücklich hier zurück, obgleich die Fortschritte der Chemie ihre Haltlosigkeit jetzt genügend gezeigt haben. Schon manche organische Substanz ist in nähere Zusammensetzungsbestandtheile gespalten worden, deren Verhalten zu einander dem der beiden Glieder eines unorganischen Salzes analog ist; und umgekekrt reicht im Grunde schon die Erinnerung an jede höhere Oxydationsstufe eines Radicals und an die Art, wie beim Eingehen einer neuen Verbindung häufig aus ihr unter Abgabe von Sauerstoff ein niedrigeres Oxydul gebildet wird, völlig hin um zu zeigen, dass auch in unorganischen Körpern einzelne Elemente als leichter ablösbar einem zusammengesetzten Stamme anderer gegenüberstehen. Gewiss liegen auch in organischen Substanzen die einzelnen Elemente weder isolirt neben einander in einem gemeinsamen Umfange, noch sind sie unterschiedslos in eine indifferente Einheit zusammengefallen; sondern es finden in ihnen, wie in jenen binären Verbindungen zwischen den Elementen verschiedene bald nähere bald entferntere Beziehungen der Art Statt, wie sie auf eine freilich unvollkommene Weise durch die Formelsprache der Chemie angedeutet werden.

70. Die chemische Zusammensetzung der organischen Stoffe liess keine feste Grenze gegen die unorganischen entdecken; dennoch bleibt ihnen Eigenthümliches genug, und namentlich hat man in ihrer schnellen Zersetzung nach dem Aufhören des Le-

bens so wie in unserer Unfähigkeit, sie künstlich nachzubilden, den Beweis einer eigenthümlichen Kraft zu sehen geglaubt, die sie bildet und zusammenhält. Eigenthümliche Bedingungen wenigstens walten bei ihrer Entstehung und Erhaltung gewiss; aber eine den gewöhnlichen Gesetzen chemischer Processe entzogene Kraft zur Erklärung herbeizuziehen, macht eine auch nur flüchtige Vergleichung mit dem unorganischen Chemismus unnöthig. Wir wollen zunächst zugeben, dass während des Lebens die veränderlichen organischen Substanzen in ihrer Mischung beharren, nach dem Tode aber mit ungewöhnlicher Geschwindigkeit in ihre Elemente oder deren binäre Verbindungen zurückgehen. Beide Umstände, wenn sie in dem Umfange wahr wären, den man ihnen gewöhnlich gibt, würden dennoch jenen Schluss nicht rechtfertigen, denn sie liessen die andere Annahme gleich möglich, dass eben das Leben so lange bestehe, als die Mischung des Körpers sich nach chemischen Gesetzen erhalten kann, dass es aufhöre, sobald diese eine Veränderung erlitten hat, die äusserlich wenig bemerkbar, erst nach dem Tode sich deutlicher darstellt. Aber abgesehen davon werden wir später zu zeigen haben, dass weder jene Erhaltung der Mischung während des Lebens eine Thatsache ist, noch dass die Entmischung nach dem Tode eine so ungewöhnliche Geschwindigkeit der Zersetzung verräth, wie jene Vorstellung einer besondern die Elemente im Leben zusammenhaltenden Kraft voraussetzt. Vielmehr sind die organischen Substanzen hierin den unorganischen völlig analog. Die missliche Unterscheidung, die man hier gemacht hat, rührt abermals von der Unvollkommenheit unserer chemischen Formelsprache her. Wenn wir Schwefelsäure durch SO^3 bezeichnen, so bedeutet dies durchaus nicht, dass zur Herstellung derselben ein Aequivalent Schwefel und drei Aequivalente Sauerstoff genügen, sondern man muss nothwendig zu dieser Formel eine Menge Bedingungen hinzudenken, die sie verschweigt, weil wir noch nicht dahin gelangt sind, sie genau und gesetzmässig für alle Körper zu bestimmen. So kann SO^3 wasserfrei nur in sehr niedrigen Temperaturen, in gewöhnlicher dagegen nur mit Wasser bestehen; soll daher jene Formel einen wirklichen Körper vorstellen, so würde in sie die Erwähnung des Temperaturgrades oder des Wassergehaltes aufzunehmen sein.

Auf gleiche Weise hat jeder chemische Körper ähnliche Bedingungen seiner Existenz, mit deren Wegfall seine Verbindung sich auflöst. Die unorganischen Körper, welche in der Natur als deren freiwillige Producte vorkommen, sind natürlich unter den gewöhnlichen Bedingungen der Wärme, Feuchtigkeit u. s. w. unzersetzbar oder nur langsam veränderlich. Denn jede chemische Constitution, die unter diesen Bedingungen sich rasch auflösen müsste, ist auch in der That schon zu Grunde gegangen, und wir sehen uns deshalb in der Natur von lauter Stoffen umgeben, die mit den äussern Umständen im Gleichgewicht sind und sich entweder nicht mehr oder nur noch langsam, so wie diese Umstände selbst wechseln, zersetzen. Diese Stoffe allerdings stechen gar sehr von manchen organischen ab. Ganz anders verhält es sich mit vielen chemischen Kunstproducten, die in den Laboratorien unter Umständen erzeugt werden, welche weit vom gewöhnlichen Naturlauf abweichen, und deshalb diesem plötzlich ausgesetzt, Zerlegungen erfahren, viel rascher und gewaltsamer als irgend eine für die Zwecke des Lebens benutzte Substanz. Niemand wird deswegen glauben, dass diese Kunstproducte durch eine besondere den chemischen Gesetzen überlegene Kraft sich einen Augenblick erhielten; sie bestanden vielmehr so lange die äusseren physikalischen Bedingungen ihrer Existenz vorhanden waren, und gingen mit deren Aufhören zu Grunde. Ein ganz Aehnliches werden wir auch für die organischen Stoffe voraussetzen. Eigenthümliche Umstände, welche darzustellen die Aufgabe unserer künftigen Betrachtungen bleibt, begünstigen eine Zeit lang ihr Bestehen, ohne die Zersetzung der meisten für immer aufhalten zu können.

71. Auch der Umstand, dass die Kunst unfähig ist, organische Stoffe nachzubilden, gewährt keine Bürgschaft für eine ausserphysikalische Kraft, welche sie erzeugte. Die Thatsache selbst müssen wir wohl als richtig zugeben, denn die Möglichkeit, Auswurfsstoffe, wie den Harnstoff, künstlich zu bilden, kann gegen jene Behauptung, die sich natürlich nur auf die lebensfähigen Bestandtheile der Körper bezieht, nicht wohl in Betracht kommen. Aber die gleiche Unfähigkeit unserer Kunst bemerken wir auch in Bezug auf die Mehrzahl mineralischer Gebilde, die wir, obgleich ihre Bestandtheile bekannt sind, doch

nicht in den Formen, in welchen sie die Natur darbietet, nachzuerzeugen vermögen. Die Hilfsmittel der Kunst sind, um der Natur nachzuahmen, bald zu schwach, bald zu stark, bald geht ihnen eine Kenntniss des verwickelten Entstehungshergangs der Naturproducte ab. Wir können viele Fossilien nicht bilden, weil uns die ungeheueren Hitzegrade nicht zu Gebote stehen, die den früheren Perioden der Erde gewöhnlich waren; wir können viele organische Substanzen nicht bilden, weil die chemischen Kräfte, die wir benutzen, nicht lenksam genug in unserer Hand sind, um in so fein abgemessenen und geringen Graden zur Wirkung zugelassen zu werden, wie es zur Erzeugung vielfach zusammengesetzter Stoffe nöthig wäre. Was aber am meisten übersehen zu werden pflegt, wenn man von der Kunst eine Herstellung organischer Stoffe verlangt, ist der weite und verwickelte Weg, den die Natur selbst zu ihrer Hervorbringung wählt. Weder das Fleisch der Thiere noch das Zellgewebe der Pflanzen erzeugt sie mit einem Schlage aus den chemischen Elementen, sondern indem sie diese zuerst zu einfacheren, dann zu verwickelteren Verbindungen zusammensetzt, gehen am Ende einer langen Metamorphosenreihe jene Substanzen als das Ergebniss einer complicirten chemischen Kunst hervor. Es ist nicht zu glauben, dass dieser Bildungsgang überflüssig ist; wir müssen vielmehr annehmen, dass er der einzige ist, auf welchem die Elemente nach chemischen Gesetzen zu jenen organischen Verbindungen gebracht werden konnen. Ich kann deshalb auch die Hoffnung derer nicht theilen, welche von der Zukunft eine künstliche Herstellung derselben erwarten. Denn selbst, wenn jeder einzelne Schritt ihrer natürlichen Entstehung klar wäre, würde es wohl unmöglich sein, die Instrumente, durch welche die Natur sie hervorbringt, durch andere Gerathschaften zu ersetzen. Es ist vielmehr glaublich, dass beispielsweis zu der chemischen Weiterbildung einer organischen Substanz die Mitwirkung einer aus gewissen Stoffen zusammengesetzten Membran von bestimmter Form durchaus unerlässlich ist. Und so würde die Chemie, obwohl wir immer zugestehen würden, dass der ganze Aufbau der organischen Körper streng nach chemischen und physikalischen Gesetzen geschehe, in der künstlichen Nachahmung desselben stets scheitern müssen, weil anstatt der Retorten und Tiegel aus Me-

tall oder Glas vielmehr vegetabilische Zellen oder thierische Häute in ihrem natürlichen Zusammenhang mit einem lebenden Organismus die einzigen passenden Gefässe sind, in welchen die theoretisch vielleicht gründlich bekannten Vorgänge der organischen Stoffumwandlung praktisch sich ausführen lassen. Diese Betrachtung unterscheidet allerdings das Lebendige vom Unbelebten, aber nicht in Bezug auf die Natur der wirkenden Kräfte, sondern in Bezug auf die Umstände, unter denen gleiche Kräfte wirken. Dass zu einem eigenthümlich und verwickelt zusammengesetzten Stoffe auch ein eigenthümlich eingerichteter Bildungsherd gehöre, ist die natürlichste Voraussetzung; die lebenden Körper sind nun jene einzigen physischen Apparate, in denen die Entstehung der sogenannten organischen Stoffe gelingt. Ihnen in dieser Function andere Apparate substituiren zu wollen, mit der Hoffnung, dass auch so halbe Massregeln ausreichen werden, ist ebenso unbesonnen, als wenn man sich darin getäuscht sieht, sogleich von andern übernatürlichen Kräften bei der Erzeugung jener Stoffe zu träumen.

72. Wir können desshalb auch einem andern Gedanken nicht beistimmen, den man häufig äussern hört, wenn die Chemie sich rühmt, zwar nicht die wesentlichsten Substrate des Lebens, aber doch wenigstens Stoffe künstlich erzeugen zu können, die im Allgemeinen zu den organischen zählen. Man hört nämlich dann oft den Einwurf, dass sie dieselben doch nicht aus den Elementen, sondern nur aus näheren Bestandtheilen zusammensetze, die auf irgend eine Weise selbst schon dem Kreise organischer Substanzen entlehnt sind. Als die künstliche Bildung des Harnstoffs erwiesen war, hat man das Cyan und das Ammoniak, das dazu verwandt wird, bis in den thierischen Dünger zurückverfolgt, um nachzuweisen, dass beide in gerader Linie vom organischen Reiche abstammen. Dieses Bemühen sucht zuerst viel zu eifrig die Allgemeingiltigkeit des Satzes von der Unerzeugbarkeit organischer Substanzen durch Kunst zu begründen; so wahrscheinlich derselbe für die höchsten und lebendig functionirenden Substanzen ist, so muss man doch gelassen abwarten, ob die Kunst nicht, was eben so möglich ist, einzelne weniger bedeutsame Bestandtheile der Organismen doch in Zukunft wird erzeugen lernen. Von grösserem Interesse aber sind uns die andern

Nebenvorstellungen, die sich zu dieser Bemühung gesellen. Man kann ihr allerdings die Ansicht unterlegen, dass die Kunst höchstens im Stande sei, leichte weitere Combinationen zwischen Substanzen herzustellen, welche selbst doch nur der lebende Körper zu erzeugen vermöchte. Allein viel häufiger ist die wirkliche Ansicht, die sich in jenem Einwurfe verbirgt, die, dass ein gewisses wirksames Princip der Lebendigkeit, eine eigenthümliche Begabung oder Begeistigung den organischen Substanzen inwohne, und ihnen auch dann noch, selbst übertragbar auf andere sich ihnen anschliessende Stoffe, verbleibe, wenn sie längst aus dem Zusammenhang eines lebenden Körpers entfernt sind. Für eine solche Auffassung ist das Ammoniak, das aus Excrementen der Thiere gewonnen ist, ein anderer Körper als das, welches mühsam in kleinen Mengen aus den Elementen künstlich dargestellt wird. Es bedarf keines Beweises für die Grundlosigkeit einer solchen Vorstellung, welche einen unsagbaren Schatten von Lebendigkeit noch um die abgestorbenen Producte des Lebens schweben lässt, und im Holze unserer Geräthe, in dem Faserstoff unserer Kleider mehr sieht, als chemische Producte, deren Gleichgewicht, einmal erreicht, fest genug ist, um den gewöhnlichen Einflüssen lange zu wiederstehen. Das Einzige, was die organischen Substanzen dem Leben verdanken, besteht eben in der Einleitung jener eigenthümlichen Zusammensetzung, die, wenn sie einmal zu Stande gebracht ist, nicht nur sich selbst erhält, sondern allerdings auch fähig sein mag, anderen Stoffen, mit denen sie in Berührung kommt, Impulse zu Veränderungen mitzutheilen, welche man ungenau von einer den organischen Stoffen noch ausser ihrer specifischen Zusammensetzung überlieferten Lebendigkeit herleitet.

§. 9.

Von der Natur der Kräfte.

Unsere Betrachtung führt uns jetzt zu einem Vergleiche der Wirkungsweise unorganischer und organischer Kräfte. Sie gibt uns hierdurch Gelegenheit, auf die Vorstellungen überhaupt zurückzukommen, welche über die Natur und Thätigkeit der Kräfte im Allgemeinen im Umlauf sind, ein Gegenstand, den wir, um ihn nicht ohne bestimmte Beziehung auf unsere nähere Aufgabe

zu behandeln, in dem ersten Kapitel unserer Untersuchungen zu berühren vermieden haben. Die Irrthümer, die sich hier weit verbreitet vorfinden, üben auf die Auffassung der Physiologie im Ganzen ebensosehr wie auf die Gestaltung einzelner ihrer Lehren einen so schädlichen Einfluss aus, dass wir uns ein möglichst genaues Eingehen auf sie hier nicht ersparen können.

73. Kräfte, welches auch die bestimmtere Bedeutung dieser Vorstellung sein mag, sind in der äusseren Natur niemals Gegenstände unmittelbarer Beobachtung; aber aus einer Wahrnehmung von Vorgängen in unserem eigenen Innern scheint sich überall ihr Begriff entwickelt zu haben. Wo wir selbst Handlungen vollziehen, liegt zwischen der Absicht, in welcher wir den vollständigen Grund derselben zu sehen glauben, und der wirklichen Ausführung noch eine Kluft; erst ein hinzukommender Impuls des Willens, den wir sinnlich zu fühlen meinen, bringt die mögliche Handlung zur Wirklichkeit. Allerdings würde eine genauere Betrachtung zeigen, dass wir hierbei keineswegs jenen erzeugenden Impuls selbst wahrnehmen, sondern dass wir in dem Gefühle der Anstrengung nur die nächsten Folgen der beginnenden Handlung, nämlich die Empfindung veränderter Zustände unserer Organe besitzen. So ist bei einer kräftigen Muskelbewegung das, was wir empfinden, gewiss nicht die Stärke und Gewalt des Impulses, den wir den Muskeln zur Zusammenziehung mittheilen, es ist vielmehr ein centripetal von den Muskeln zurückkehrender Empfindungsreiz, der uns die Grösse der bei ihrer Contraction eingetretenen Veränderung ihrer Zustände durch ein der Unlust sich näherndes Gefühl anzeigt. Wir aber pflegen diese ersten Folgen der Handlungen als das erzeugende Princip derselben zu deuten und tragen dieselbe Vorstellungsweise auch auf die Wirkungen über, die wir von unbelebten und unbeseelten Gegenständen der äussern Natur ausgehen sehen. Zwar lassen wir bei dieser Uebertragung die Vorstellung bewusster Absichtlichkeit und des Gefühles der Anstrengung fallen, aber die Annahme, dass ein in seinen Gründen vollständig vorbereitetes Ereigniss zu seiner Verwirklichung doch noch eines letzten Anstosses, eines ausführenden Impulses bedürfe, halten wir fest, und sie liegt der so sehr üblichen Definition der Kraft zu Grunde, nach welcher sie die Ursache eines Ereignisses sein soll.

74. Diese Vorstellungsweise führt nun zu zwei Irrthümern welche die gewöhnlichen Anwendungen des Begriffes der Kraft durchdringen. Zwischen die Substanz nämlich, von der wir die Wirkungen ausgehen sehen, und diese Wirkungen selbst tritt die Kraft als ein neues Mittelglied ein, über dessen Natur und Art des Daseins keine klare Vorstellung möglich ist. Wer nicht völlig nach der Analogie unseres eigenen Lebens die einem Stoffe inhärirende Kraft als einen belebenden Geist fassen will, aus dem alle Wirkungen hervorgehen, könnte nur zu wählen haben, ob er sie selbst wieder als Stoff, oder als Eigenschaft, als Zustand oder als Ereigniss ansehen möchte; unter irgend eine dieser Kategorien müsste sie fallen, wenn sie überhaupt denkbar sein soll. Aber die gewöhnliche Annahme verschmäht jede derselben und schreibt der Kraft dennoch eine von dem Stoffe noch unterscheidbare obgleich nicht trennbare Existenz zu; dem an sich wirkungsunfähigen Stoffe soll die Kraft als Fähigkeit der Wirkung inhäriren. So wenig es nun möglich sein dürfte, über die Art und Weise dieser eigenthümlichen Existenz Rechenschaft zu geben, so wenig würde sich zweitens zeigen lassen, welchen Gewinn diese Zwischenschiebung einer eigenen Kraft zwischen Stoff und Wirkung gewährt. Denn wie sehr auch die gewöhnliche Vorstellung das Substrat und die Kraft vermittlungslos neben einander stehen lässt, so sträubt sie sich doch anderseits wieder gegen den völligen Mangel an innerem Zusammenhang beider, den sie in ihrer eigenen Terminologie ausdrückt. Zwar hören wir von Kräften, die den Stoffen eingepflanzt sind, oder ihnen inhäriren; bei einiger Besinnung gibt jedoch Jeder zu, dass nicht zufällig irgend eine Kraft irgend einem Stoffe zugetheilt sei, sondern jedem die ihm gehörige. Jeder Stoff hat seine Kraft, nicht in dem Sinne eines zufälligen Besitzes, sondern in dem, dass sie sein ist, weil sie aus seiner Natur mit Nothwendigkeit fliesst. Ist aber dies der Fall, so ist nun die Frage, warum das, was zur Natur eines Stoffes gehört, in einer so unvortheilhaften und unklaren Weise von dem Bestande desselben doch wieder abgetrennt werden soll? Zwei Wege führen aus dieser Verwirrung der Gedanken zu demselben richtigen Ziele. Entweder man sieht das, was wir Kraft nennen, als etwas von der Natur seines Trägers durchaus Untrennbares an, und versucht

dann nicht mehr, es unter dem Namen der Kraft dennoch von ihm zu trennen; oder man sieht es als etwas von der Natur des Stoffes Unabhängiges an, und bemüht sich dann nicht weiter, es unter demselben unklaren Namen in eine nähere Beziehung zu dem Wesen seines scheinbaren Trägers zu setzen, als die ist, in welcher sich zu ihm alle andern mittheilbaren Zustände, oder übertragbare Bewegungen befinden. Wie diese beiden Ansichten gegenseitig zusammentreffen, wollen wir sogleich zu erklären versuchen.

75. Sobald alle Bedingungen vorhanden sind, aus denen nach allgemeinen Naturgesetzen ein Ereigniss hervorgehen muss, kann es im Naturlauf weder einen Grund der Verzögerung seines Eintretens geben, noch bedarf es einer besonderen Kraft, um einen Widerstand zu überwinden, der sich dem Uebergange in die Wirklichkeit etwa entgegenstellte. Ueberall, wo es eines solchen letzten Anstosses zur Erzeugung einer Wirkung zu bedürfen scheint, enthielten die früher vorhandenen Umstände in der That nicht den hinreichenden Grund, aus dem sie als Folge fliessen konnte, und dieser letzte Anstoss ist nicht dazu bestimmt, als ein complementum possibilitatis das vollständig Vorbereitete nur in Gang zu versetzen, vielmehr wird erst durch seinen Hinzutritt die Summe der Bedingungen vollständig, an denen das Eintreten der Wirkung hängt. Solche Bedingungen nun für die Entstehung eines Ereignisses liegen niemals vollständig in der Natur eines einzigen Dinges, sondern stets in Verhältnissen, in welche mehrere Dinge gegen einander gerathen. Eingetreten in eine bestimmte gegenseitige Beziehung können die verschiedenen Eigenschaften, welche die wesentliche Natur der Dinge bilden, nicht gleichgiltig fortexistiren, sondern die allgemeinen Gesetze des Naturlaufes knüpfen an diesen Zusammenhang derselben die Entstehung eines neuen Zustandes oder eines Ereignisses, das bei der völligen Abwesenheit eines Widerstandes gegen sie, sofort auftritt, ohne noch einer besondern Sorge für seine Verwirklichung zu bedürfen. Wir nun freilich, gewöhnt an die Analogie unseres eigenen Handelns mit seinem Unterschied zwischen Absicht und Ausführung, pflegen, wenn die Wirkung eingetreten ist, in die Dinge, von denen sie anschaulich ausging, nicht nur die vollständigen Bedingungen ihrer Möglichkeit, sondern sogar

eine beständige Tendenz zu ihrer Hervorbringung zu verlegen, und sprechen von Kräften, die ausdrücklich auf einen bestimmten Erfolg gerichtet, beständig den Dingen inhäriren, selbst wo gar keine äusseren Umstände vorhanden sind, welche eine Ausführung ihrer Tendenz gestatteten. Solche fertige Kräfte sind nun so wenig vorhanden, als in der Natur der Dinge allein der Grund ihrer Wirkungen liegt. Die Möglichkeit eines Ereignisses setzt nicht nur die eigenthümlichen Eigenschaften mehrerer zu seiner Verwirklichung beitragender Substanzen voraus, sondern ebenso nothwendig eine bestimmte Beziehungsweise, in welche diese zu einander treten. Wollen wir daher mit dem Namen Kraft den vollen und zureichenden Grund für das Eintreten einer Wirkung bezeichnen, so müssen wir weiter hinzufügen, dass eine solche Kraft niemals fertig in irgend einer Substanz präformirt liegt, sondern dass sie stets nur einem bestimmten Verhältnisse mehrerer Substanzen, einem Bruchstücke des Naturlaufs inhärirt. Wo wir von der Kraft einer Substanz sprechen, ist genau genommen die Vorstellung der Kraft auf ein falsches und unvollständiges Subject bezogen, und nur in vorsichtig bestimmten Grenzen kann dieser übliche Sprachgebrauch ohne Verwirrung der Begriffe beibehalten werden. Wie es nun keine Kräfte gibt, die einer einzigen Substanz inhäriren, so gibt es zweitens noch weniger deren, die einer solchen beständig inwohnten, und ihrer wesentlichen Natur nach von andern zu unterscheiden wären, welche derselben Substanz nur bedingungsweise zukämen. Wollen wir vielmehr jenem Sprachgebrauche folgend, die Fähigkeit zur Erzeugung einer Wirkung, die einer Substanz nur unter Beihilfe gewisser Umstände zukommt, auf sie allein als ihre Kraft übertragen, so müssen wir dann auch behaupten, dass keine Substanz beständige, sondern jede nur erworbene Kräfte besitzt. Je nachdem die Beziehungen wechseln, in denen sie zu der übrigen Welt steht, wachsen ihr nach allgemeinen Gesetzen Fähigkeiten bald zu dieser, bald zu jener Leistung zu; beständig erwirbt sie Kräfte und büsst deren andere ein; niemals aber bleibt ihr neben diesen veränderlichen Vermögen eine Summe ihr absolut angehöriger Kräfte übrig, die auch in Augenblicken, wo sie nicht wirkten, dennoch existirten.

76. Die Missdeutungen, denen diese im Grunde höchst

einfachen Wahrheiten in der Anwendung des Begriffs der Kraft auf die lebendigen Erscheinungen fortwährend unterliegen, veranlassen uns, zur Verständlichung einige Vergleiche und Beispiele hinzuzufügen. Zahlenverhältnisse sind am geeignetsten, den Zusammenhang von Gründen und Folgen zu verdeutlichen. Wenn 3 zu 4 addirt, die Zahl 7 gibt, so schreibt hier Niemand der 3 oder 4 eine siebenbildende Kraft zu: es ist gar zu deutlich, dass einzeln keine von beiden ausreicht, um die grössere Zahl zu erzeugen; sie tragen beide zu diesem Resultate bei und sind so ein Bild der mehreren Ursachen, die sich zur Entstehung jeder Wirkung vereinigen müssen. Aber auch die besondere Art und Weise der Vereinigung, die Addition, ist massgebend; andere Beziehungsweisen beider Zahlen, Multiplication, Division würden andere Grössen erzeugen. Die Kraft, jene Sieben zu bilden, kommt daher weder einer Zahl allein, noch beiden, noch ihrer Beziehung allein, sondern nur der Summe aller dieser Bedingungen zu, dass nämlich gerade diese Zahlen gerade in dieser Beziehung der Addition verknüpft werden sollen. Endlich, wenn man zu derselben 3 nicht 4, sondern 5, 6, 7, in die gleiche Beziehung treten lässt, so wird der Drei ganz in gleicher Weise wie früher ein Antheil von Kraft, bald 8, bald 9, bald 10 zu erzeugen, zukommen, während ihre Fähigkeit zur Miterzeugung der Sieben verschwindet. Niemand wird hier meinen, dass die siebenbildende Kraft doch noch in ihr liege, und nur wegen der Ungunst der Umstände sich nicht geltend mache; man gibt vielmehr sogleich zu, dass keine dieser Zahlen ein für allemal irgend eine bestimmte Kraft besitzt, dass vielmehr jeder bald diese bald jene scheinbare Kraft zuwächst, je nachdem sie bald mit dieser bald mit jener anderen in eine oder die andere Beziehungsweise eintritt.

77. Allerdings sind nun die Zahlen unseres Beispiels keine wirklichen Dinge, ihre Beziehungen keine physischen Verhältnisse, die Ergebnisse der Rechnung keine Ereignisse; aber nichts hindert, alle Züge des Beispiels auf den wirklichen Naturlauf überzutragen. Setzt man an die Stelle jener Zahlen zwei wirkliche Substanzen, so werden zwischen ihren beiden Qualitäten a und b ganz ähnliche Verhältnisse der Vergleichbarkeit, gradueller Unterschiede oder Gegensätze stattfinden können, wie sie in dem

Gebiete der Mathematik vorkommen. Lassen wir ferner anstatt der nur gedachten Beziehungsweise der Addition ein reales Verhältniss gegenseitiger Bewegung, Berührung, Mischung oder Lage eintreten, so wird auch die Folge, die aus diesen Bedingungen entsteht, in Gestalt eines wirklichen Ereignisses auftreten. Um zu einem oft schon benutzten Beispiele zurückzukehren, betrachten wir den Funken, der das Pulver entzündet. Die Kraft, welche hier die Explosion bewirkt, haftet weder am Funken allein, noch am Pulver. Jener bringt zu dem ganzen Ereigniss nur die eine Bedingung einer hohen Temperatur; dieses ist eine Mischung, in der unter den gewöhnlichen Umständen keinerlei Bestreben der Zersetzung oder Expansion bemerklich ist. Kommen aber beide in die Beziehung räumlicher Berührung, so entsteht nun erst eine Umänderung in den Verwandtschaften der Pulverbestandtheile, und die Ausdehnung gasförmiger Körper erfolgt, die durch sie hervorgebracht werden. In keinem Falle inhärirt also die Kraft zu irgend einer Wirkung beständig und fertig einem einzelnen Körper, sondern stets nur ihm und gewissen hinzukommenden Bedingungen gemeinsam, sie wechselt daher mit diesen Bedingungen stets. Kehren wir zu dem Punkte zurück, von dem wir in 74 ausgingen, so zeigt sich nun, inwiefern die Kraft als untrennbar und zugleich als trennbar von der Natur ihres Trägers, beides freilich in verschiedener Bedeutung, angesehen werden kann. Das nämlich, wodurch irgend ein Stoff zu einer Wirkung beiträgt, ist niemals ein von ihm noch unterscheidbares ihm inhärirendes Princip, sondern er ist es selbst, mit seiner beständigen Natur unmittelbar; soll daher Kraft nur der Grund dieses Beitrags sein, so ist sie untrennbar von ihrem Träger und identisch mit ihm. Aber dieser Beitrag reicht nie zur Wirkung hin, sondern muss erwarten, dass ergänzende Bedingungen hinzutreten. Soll daher Kraft die vollständige Bedingung einer Wirkung bezeichnen, so hängt sie mit ihrem scheinbaren Träger durchaus nicht inniger zusammen, als jeder andere Zustand, oder jede Bewegung, in die derselbe gerathen kann, ohne sie seiner Natur nach zu verlangen. Dieser allgemeinen Auseinandersetzung haben wir nur noch zwei Bemerkungen hinzuzufügen.

78. Wenn zu einer Wirkung es nöthig ist, dass sich meh-

rere Substanzen, oder wenigstens dass eine sich mit ergänzenden Bedingungen verbindet, so sind doch die Beiträge, welche alle diese Elemente zur Wirkung liefern, an Grösse und Werth oft sehr verschieden. Häufig finden sich in der Natur einer einzigen Substanz fast alle Bedingungen eines Ereignisses zusammen, und bedürfen nur noch einer einzigen ausserhalb liegenden Ergänzung, die wie wir früher schon bemerkten, fast nur ein völlig vorbereitetes Ereigniss in Gang zu bringen scheint. Es ist natürlich, dass der Sprachgebrauch solche Substanzen, welche die Form eines Ereignisses fasst allein bestimmen, vorzugsweis als Ursachen oder bewirkende Kräfte desselben bezeichnet, die ergänzenden Bedingungen aber, die zwar vollkommen gleich nothwendig sind, auf die Gestalt der Wirkung aber wenig Einfluss üben, mit anderen Namen abfindet. So unterschied die frühere Metaphysik ausdrücklich causae und concausae, so noch jetzt allgemein die Physiologie die organische Kraft von dem Reize, der sie excitirt. An diesem Sprachgebrauch bessern zu wollen, ist unnöthig, sobald wir ihn nur verstehen. Stets wird man die Structur einer Maschine, aus der die Form ihrer Bewegung fliesst, in vorzüglicherem Sinne für die Bedingung derselben halten, als die Triebkräfte, welche zwar die Wirklichkeit, nicht aber die Form ihres Ganges bestimmen; stets wird uns die Explosionskraft in dem Pulver zu liegen scheinen, das alle Bedingungen für diese Form des Erfolges enthält, nicht in dem Funken, der die Möglichkeit seines Hervortretens vervollständigt; stets werden uns endlich Luft, Licht und Wasser nur als Lebensreize erscheinen, während wir die Kraft zu leben in den Organismus verlegen, dessen Bau allein durch jene sich zu dieser ausgezeichneten Form der Entwicklung bestimmen lässt. Es ist deshalb kein Arg dabei, diesem Sprachgebrauch zu folgen, sobald man nur stets festhält, dass diese beiläufig erwähnten Bedingungen, Reize oder Anstösse ihrem wesentlichen Begriffe nach durchaus ebenso nothwendige und unerlässliche Theile der Ursachen einer Wirkung sind, als jene vorzugsweis so genannten Kräfte, welche überwiegend die Gestalt des Erfolges bestimmen, ohne ihn doch für sich allein erzeugen zu können. Ebenso gleichgiltig erschiene uns von diesem Standpunkt aus die Bezeichnung schlummernder, latenter Kräfte, die durch jene Ergänzungen geweckt

würden, wenn nicht mit diesem allzubildlichen Ausdrucke häufig so schiefe Vorstellungen verbunden würden, wie sie neulich z. B. Mulder mit ausführlicher Unklarheit entwickelt hat. (Versuch einer allg. physiolog. Chemie. Braunschw. 1844. S. 68 ff.) Es wird nie Vortheil gewähren, aus der Natur eines Schlafenden sein Wachen erklären zu wollen; aus unserer Betrachtung der Sache lässt sich zwar leicht begreifen, wie eine Kraft dazu kommt, zu schlummern, aber aus Mulders Darstellung wird nie begreiflich sein, wie es möglich ist, eine schlummernde zu wecken. Eine schlummernde Kraft nämlich ist weiter gar nichts als eine noch nicht vorhandene; eine zur Erzeugung einer Wirkung noch nicht vollständig genügende Bedingung ist allein in der Natur eines Körpers gegeben, und kann eben deshalb nichts wirken; da aber später durch Hinzutritt eines vielleicht unbedeutenden Reizes, in dem allein man den genügenden Grund der Wirkung noch viel weniger finden könnte, die Summe der Bedingungen vervollständigt wird, die Wirkung mithin eintritt, so stellt man sich nun vor, die genügende Kraft zu ihrer Hervorbringung habe dennoch in jenem Körper gelegen, aber schlummernd, und sei nun erst erwacht.

79. Das Zweite, was wir noch ausdrücklich hinzufügen wollten, ist dies, dass die gegebene Analyse des Begriffs der Kraft uns als eine in der Natur durchaus allgemeingiltige erscheint, so dass Unterschiede zwischen primitiven, der Materie inhärirenden Kräften, und solchen, die durch Umstände erworben, ihr etwa nur adhärirten, ganz unthunlich sind. Gegen diese Behauptung müssen wir Widersprüche erwarten, doch lässt sich leicht zeigen, dass unsere Auffassung sich mit der in der Physik gewöhnlichen vereinigen lässt. Man spricht wohl in der Physik von Grundkräften, die der Materie in jedem Falle zukommen und von ihrer Natur unabtrennbar sein sollen, und nennt ihre Wirkungen, weil sie, von jeder Lage der Umstände unabhängig, eben das sind, worauf in jeder Lage der Umstände ein zusammengesetzter Erfolg beruht, vorzugsweis dynamisch. Man unterscheidet von ihnen abgeleitete Kräfte, die dem Wesen der Materie nicht von Natur zukommen, sondern Fähigkeiten sind, welche sie ihrer bestimmten Verbindungsweise mit andern verdankt, und die deshalb aufhören, sobald diese Verbindung sich

löst. Diese Wirkungen pflegt man mechanische zu nennen. So wird häufig die Schwere als Grundkraft der Materie bezeichnet, während jede Stosskraft, die ein Körper nur im Zustande der Bewegung ausüben kann, in diesem Sinne eine mechanische wäre. Diese Unterscheidung nun ist praktisch zuzugeben, obgleich sie theoretisch gar nicht existirt. Die Beziehungen nämlich, die ein Körper voraussetzt, um fähig zu einer Wirkung zu werden, sind bald sehr einfach, bald sehr verwickelt; sie sind theils solche, die nie fehlen können, theils treten sie im gewöhnlichen Naturlauf nur als seltene Ausnahmsfälle auf. Es kann sein, dass schon die blosse gleichzeitige Gegenwart im Raum für die Theile der Materie eine genügende Beziehung ist, um sie zu einer Wechselwirkung zu befähigen, und dies würde der Fall sein, wenn die Schwere, woran wir freilich zweifeln, als eine Grundkraft in jenem Sinne zu betrachten wäre. Dann würde nur noch ihre Intensität an wechselnde Umstände, nämlich Entfernungen gebunden sein, die Attraction überhaupt aber, da sie von einer beständig vorhandenen Bedingung abhinge, würde eine allgemeine und fortwährende Wirkung sein. Eben deswegen kann man hier für den Gebrauch von jener Beziehung des Zugleichseins im Raume, die ja stets erfüllt ist, absehen, und die Fähigkeit zur Attraction als vollständig begründet in der Natur der Materie allein betrachten. Aber doch wird dies stets nur eine Abbreviatur des Sprachgebrauchs sein.

80. Die meisten Kräfte entstehen jedoch unter zusammengesetzteren Bedingungen. Die sogenannten Molecularkräfte z. B., auf welche wir Cohäsion, Aggregatzustände und Gestalt der Körper zurückführen, wirken nur unter der Bedingung sehr grosser Annäherung der Molecule. Da wir jedoch, vielleicht nicht überall mit Recht, voraussetzen, dass ihre Wirkungsweise übrigens nicht an bestimmtere Bedingungen der gegenseitigen Lage der Molecule gebunden sei, vielmehr unter den verschiedenartigsten Umständen in dieser Hinsicht sich gleich bleibe, so pflegen wir auch sie noch mit zu den dynamischen Kräften zu rechnen, die der Materie stets inhäriren, und behalten ihre allgemeine Bedingung, die räumliche Nähe der Molecule, stillschweigend dabei im Gedächtniss. Ganz anders verhält es sich mit den chemischen Verwandtschaftskräften. Von ihnen wissen wir, dass ihre Wirk-

ung an sehr vielen Umständen hängt und können vermuthen, dass sie noch mehr uns unbekannte Bedingungen hat. Wenigstens eins der gegenwirkenden Elemente muss flüssig sein, nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen tritt die Wirkung der Verwandtschaft ein, sie fehlt unter andern Umständen gänzlich. Diese Kräfte daher als den Elementen einmal für immer inhärirend anzusehen, ist eine grosse Unvollkommenheit unserer Terminologie, die in der That auch für die allgemeine Chemie nachtheilige Folgen hat. Sie sind vielmehr durchaus erworbene Kräfte, die an bestimmten Umständen haften und mit ihnen aufhören und schliessen sich ganz jener Menge abgeleiteter Kräfte an, die ein Körper nicht durch seine Natur allein, sondern durch einen ihm mitgetheilten Bewegungszustand ausübt. Stosskraft, Schwungkraft und dergleichen sind einfache Beispiele derselben, von denen Niemand mehr vermuthet, dass sie ursprünglich in den Körpern liegen; noch weniger verkennt man endlich bei grösseren zusammengesetzten Maschinen, dass die Fähigkeit zu einer Leistung, die ein Theil derselben ausübt, gar nicht hinlänglich in seiner materiellen Natur oder seiner Form, sondern einzig in der Art seiner Verbindung mit andern Theilen begründet ist, deren Bewegungszustände er in sich aufnimmt und auf dritte Theile überträgt. Wir finden daher in der Natur nur eine Gattung von Kräften; sie alle werden von ihren scheinbaren Trägern in Wirklichkeit nur unter Umständen erworben; aber bald sind diese Umstände einfach, immer gegenwärtig, dann sind auch die Kräfte beständig an jene Träger geknüpft, ihre Wirkungsweise ebenfalls beständig dieselbe; bald sind die nöthigen Bedingungen complicirter, dann treten die Kräfte an jenen Trägern bald auf, bald verschwinden sie. Je mehr Körper endlich in genau bestimmten Verhältnissen zu einer Wirkung beitragen, desto mannigfaltiger, verwickelter und abwechslungsreicher kann der Erfolg sein, und diese abgeleitetsten Kräfte besitzen deshalb nicht nothwendig eine constante Wirkungsweise.

§. 10.

Die Wirkungsweise organischer Kräfte.

81. Versuchen wir, nach Anleitung der vorausgeschickten Erläuterungen die Unterschiede uns klar zu machen, die man

zwischen der Wirkungsweise organischer und unorganischer Kräfte zu finden geglaubt hat, so begegnen wir in dem Sprachgebrauche der Medicin einer Unterscheidung dynamischer und mechanischer Wirkungen, welche nicht gleichbedeutend mit der üblichen physikalischen Ausdrucksweise ist. Man pflegt im Allgemeinen wohl zuzugeben, dass Vieles auch im Organismus mechanisch geschehe; aber dieselben Einflüsse, denen eine solche Wirkung zukommt, sollen ausserdem noch dynamische Effecte hervorbringen, und ähnliche Reactionen des lebendigen Körpers bedingen. Die Bedeutung dieser dynamischen Processe ist dunkel genug; häufig erwähnt, werden sie doch selten definirt, und man kann nicht läugnen, dass in der gewöhnlichen Weise der Anwendung dieses Wort meist nichts bedeutet, als etwas Capriciöses, Eigensinniges und Ungewohntes, eine Wirkungsweise, die man bei den Bedingungen, an denen sie hängt, nicht erwarten sollte. Damit verknüpft sich wohl die Vorstellung, dass in diesen Processen die eigenthümliche qualitative Natur der Materien das Wirksame und die Form der Wirkung bestimmende Element sei, während in den sogenannten mechanischen Vorgängen nur die Quantität der Massen und ihre äusserlichen Verhältnisse massgebend wären. Endlich neigt diese Ansicht zugleich zu der Annahme, dass die dynamischen Wirkungen überhaupt den allgemeinen Naturgesetzen nicht unterliegen, sondern in der Weise der früher geschilderten Triebe sich mehr den Bedingungen der Zweckmässigkeit als denen einer a tergo wirkenden Nothwendigkeit fügen. – In Bezug auf diesen dritten Nebengedanken uns auf die frühere Kritik desselben beziehend, bemerken wir rücksichtlich des zweiten, dass überhaupt keine Naturprocesse vorkommen, in denen die Qualität der Materien völlig gleichgiltig wäre, wenn man auch einzelne findet, in denen ihre Wirksamkeit weniger hervortritt, als in andern. Zur Unterscheidung des Lebendigen vom Unlebendigen ist daher diese Vorstellung dynamischer Wirkungen am wenigsten geeignet, und in der That haben die Ansichten, die sich ihrer bedienen, auch in die Betrachtung der äussern Natur diesen unklaren Begriff übergetragen. Die unerwartete Form der Wirkung, die wir oft unter gegebenen Bedingungen entstehen sehen, ist das einzige Thatsächliche in diesen Gedanken; sie aber rührt einzig davon her, dass eine Menge

verborgener Umstände den Erfolg eines Einflusses auf lebendige Körper mit zu bestimmen pflegen.

82. Ehe wir dies weiter erörtern, müssen wir eines andern physiologischen Sprachgebrauches gedenken, der unrichtig verstanden, alle diese Missverständnisse erzeugt, in seinem richtigen Sinne aber sie sämmtlich zerstreuen würde. Die Physik bemüht sich stets, wenn sie von der Wirkung einfacher Kräfte handelt, das Subject genau anzugeben, von welchem sie dieselbe ausgehn lässt; sie begnügt sich nicht, irgend ein Convolut von Massen zu nennen, aus dessen unbekanntem Innern heraus eine Fähigkeit sich entwickle; sie analysirt vielmehr dies Aggregat und sucht die einzelnen scharf bestimmten Atome auf, welche die eigentlichen Ausgangspunkte der einfachen Wirkungen sind. Spricht sie von Leistungen, welche ein Aggregat als solches hervorbringt, so sucht sie ferner nachzuweisen, aus welcher Verbindungsform der einzelnen Theile die Zusammensetzung der einzelnen Wirkungen zu diesem Gesammteffect hervorgehe. Der Sprachgebrauch der gewöhnlichen Physiologie ist ein anderer. Das Subject, auf welches hier die organischen Kräfte bezogen zu werden pflegen, ist der lebendige Körper in Bausch und Bogen, ohne viele Rücksicht auf die Mannigfaltigkeit seiner Bestandtheile und seines Zusammenhangs, oder auch noch unbestimmter das Leben selbst. Diese Ausdrucksweise ist nun so lange eine Quelle des Irrthums, als man die Kräfte, die man einem solchen Aggregate zuschreibt, dennoch als einfache Wirkungen ansieht, oder sie nach den Regeln behandelt, welche giltig sind für einfache, beständige, an einfachen Substraten haftende Kräfte. Die vielen unter dieser Voraussetzung ganz unerwarteten Eigenthümlichkeiten, die man dann an den organischen Kräften bemerkt, führen hierauf freilich leicht zu dem Bemühen, sie als besondere Gattung den unorganischen gegenüberzustellen. Dieser ungenaue Sprachgebrauch weiss nicht, wie sehr er eigentlich Recht hat, sobald er sich selbst verstehen will. In der That ist gerade zu jenen Kräften, welche das Lebendige vom Unlebendigen unterscheiden, der lebende Körper in seiner Totalität das einzige wahrhafte Subject. Alle ihre Eigenthümlichkeiten beruhen darauf, dass sie nicht einfache Kräfte, sondern Fähigkeiten zu Leistungen sind, die aus der besonderen Art der Verknüpfung vieler Massentheilchen zu einem zusammen-

gehörigen Systeme hervorgehen. Scheint auch eine von diesen Fähigkeiten an einem einzelnen Theile zu haften, so zeigt sich doch bald, dass sie ihm nicht ursprünglich ist, sondern ihm von dem ganzen Getriebe des Organismus ebenso überliefert wird, wie dem Rade einer Maschine seine besondere Bewegungsform nur vermöge seines bestimmt angeordneten Zusammenhangs mit anderen zukommt. Gehen wir mit dieser Ueberzeugung, in den lebendigen Kräften Resultanten vieler Einzelkräfte zu sehen, in welche sie wieder aufzulösen die Aufgabe der Untersuchung ist, an unsere Vergleichung, so werden wir bald zwar viele Unterschiede in der Benutzungsweise, aber keinen in den Principien des Wirkens zwischen den lebendigen und den unorganischen Kräften finden.

83. Reizbarkeit ist die allgemeinste Eigenschaft, die man den organischen Wesen als unterscheidende zuschreibt. Die Thatsache, dass äussere Einflüsse Rückwirkungen in ihnen hervorrufen, die weder in ihrer Grösse und Dauer dem veranlassenden Reize proportional sind, noch in ihrer Form ihm gleichen, schien im Widerspruch zu stehen mit dem Gesetze der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung, das die Processe der unorganischen Natur beherrscht. Aber dies Gesetz, obgleich von allgemeiner Giltigkeit, kann sich doch nur auf die einfachen Wirkungen einfacher Kräfte unmittelbar beziehen. Wendet man es so an, dass man unter der Einwirkung den veranlassenden Reiz, unter Gegenwirkung die in unsere Beobachtung fallende Reaction des organischen Körpers versteht, so vergisst man, dass eben zwischen diesen beiden Endpunkten des ganzen Processes sich hier der organische Körper selbst mit der ganzen Mannigfaltigkeit seiner Bestandtheile und seiner fortwährenden inneren Bewegungen befindet. Indem jeder Reiz zunächst auf einen Theil dieses Ganzen einwirkt, regt er doch zugleich wegen der Verbindung, in der dieser mit den übrigen steht, eine Menge Processe secundär an, deren Form, Richtung und Grösse nicht mehr von ihm allein, sondern zugleich von der Zusammenhangsweise der Kräfte bestimmt wird, die er aus ihren vorigen Verhältnissen zu einander verschiebt. Die Reaction ist nicht die Gegenwirkung des Reizes allein, und anderseits diese Gegenwirkung nicht vollständig; sie hängt zum grossen Theil von diesem zwischengestellten Mecha-

nismus des lebenden Körpers ab, den der Reiz in Bewegung versetzt; anderntheils geht in diesem Zwischengliede manches auch von den Wirkungen des Reizes für die äusserlich sichtbare Reaction verloren. Eine Proportionalität derselben zu dem Reize ist deshalb ein Fall, den man im Allgemeinen zu erwarten gar keinen Grund hat. Diese Reizbarkeit nun ist eine Eigenschaft nicht nur jeder complicirten Maschine, sondern selbst jedes einfachen Stoffes. Was das erste betrifft, so wissen wir alle, wie durch passende vermittelnde Mechanismen eine Bewegung, die einem Maschinentheile mitgetheilt wird, sich so umformen lässt, dass sie an einem andern, auf dessen Bewegung es ankommt, mit verzögerter oder beschleunigter Geschwindigkeit, in entgegengesetzter Richtung oder vermischt mit Pausen der Ruhe erscheint. Aber auch jeder einfache Stoff, alles Seiende überhaupt besitzt diese Reizbarkeit, vermöge deren es ankommenden Einflüssen nicht als ein völlig inhaltloses passives Material sich zu beliebiger Gestaltung darbietet, sondern durch seine eigene Natur die Form und Grösse der Veränderungen mitbestimmt, die es durch jene sich auferlegen lässt. Deswegen kann jenes Gesetz der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung, wie es denn überhaupt nur von quantitativer Gleichheit, nicht von qualitativer Aehnlichkeit beider spricht, nur in einem einfachen Kreise von Processen gelten, in welchem beide von gleicher Form, z. B. der der Bewegung sind, und jeder specifische aus der Natur der Substanzen fliessende Einfluss auf ihre Form und Grösse entweder als beständig eliminirt oder als beständig schon in Rechnung gebracht angesehen werden darf.

84. Dass der Begriff der Reizbarkeit ein Unterscheidungsmerkmal des Lebendigen nicht sein könne, ist hieraus klar; aber er ist auch ausserdem von wenig Nutzen für die Erklärung der Lebenserscheinungen. Denn da er nichts weiter bedeutet, als dies, dass der Organismus durch äussere Einflüsse zu keinem Zustande sich bestimmen lasse, ohne selbst diesen Zustand mitzubestimmen, so würde ein Vortheil von ihm erst dann entstehn, wenn sich eine bestimmte Art und Weise auffinden liesse, in welcher diese Mitbestimmung beständig erfolgt. Dies ist jedoch nicht geschehen. Die Vorstellung der Reizbarkeit, in der Sprache gewiss aus der Betrachtung der unerwarteten Rückwirkungen ent-

standen, mit welchen das geistige Leben auf äussere Einflüsse antwortet, ist eine Zeit lang in der Physiologie allerdings mit der näheren Bestimmung, dass die Rückwirkung in Bewegungsphänomenen und zwar speciell in Zusammenziehungen des organischen Gewebes bestehe, verbunden worden. Allein da man bald einsah, dass diese Muskelirritabilität nur ein Beispiel der Reizbarkeit neben andern ist, und dass nicht alle andern Lebensphänomene auf einem solchen Bewegungsspiele beruhen, hat man diese eigenthümliche Form wieder fallen lassen und der Name der Reizbarkeit bedeutet jetzt in der That nur jene allgemein verbreitete Form der Verknüpfung von Processen, die wir schilderten. Eben deswegen ist es unmöglich, von ihren Gesetzen im Allgemeinen zu sprechen; es gibt deren keine überall giltigen, vielmehr würde ihre Anzahl, wenn man sie aus ihren verschiedenen Beispielen sammeln wollte, sehr gross sein. Das Wesentliche ihres Begriffs besteht ja eben nur in der Negation der Nothwendigkeit einer einfachen Proportionalität zwischen dem ersten Anreiz und der letzten resultirenden Rückwirkung. Die Gesetze, die man für sie aufgestellt hat, fliessen entweder aus der Beobachtung einzelner Beispiele, nicht aber aus ihrem Begriff, und sind dann meist auch auf diese Beispiele beschrankt; oder wo sie nicht der Erfahrung, sondern a priori dem Begriffe der Reizbarkeit abgewonnen scheinen, sind sie, wie wir später im Einzelnen sehen werden, meistens Täuschungen, deren Einfluss auf die Erklärung der Thatsachen nur störend ist. Die Physiologie wird daher stets wohlthun, wenn sie Reizbarkeit als ein aus allen gegebenen Umständen zu erklärendes P h ä n o m e n, nicht aber als eine zu weitern Erklarungen des Lebens taugliche Kraft, als Problem, nicht als Princip ansieht.

83. Die Physik findet jede Kraft an eine bestimmte Masse gebunden, mit deren Grössenveränderungen sie selbst sich ändert. Von der Lebenskraft hat man umgekehrt behauptet, dass sie den Wechsel der Bestandtheile des organischen Körpers überdauere, und deshalb nicht als Summe oder Product der diesen zugehörigen Einzelkräfte betrachtet werden könne. Dies ist jedoch weder ein genauer Ausdruck der Thatsachen, noch ein richtiger Schluss aus ihnen. Die Erfahrung lehrt uns keineswegs, dass die Lebenskraft während des Wechsels der Korperbestandtheile sich unverandert erhalte, sondern nur, dass die Form des Körpers und die

Summme seiner Lebenserscheinungen sich während desselben nicht mit auffallender Geschwindigkeit ändern. Gewiss aber kann man nicht behaupten, dass dieser Wechsel für die Form und Intensität der Lebensverrichtungen ohne allen Einfluss sei; wir finden im Gegentheil, dass er in beiden oft die gefährlichsten Schwankungen herbeiführt, wenn wir gleich das Gesetz, nach welchem sie von ihm abhängen, in keinen einfachen Ausdruck bringen können. Und lehrt denn nicht die Sterblichkeit aller organischen Wesen auf das Eindringlichste, dass der unbemerkt fortschreitende Wechsel der Bestandtheile und ihrer gegenseitigen Beziehungen stets an einem Punkt anlangt, wo die Lebenskraft ihn keineswegs mehr zu überdauern im Stande ist? Auch dies ist ferner ein schiefer Ausdruck, dass die Lebenskraft schlechtweg den Wechsel der Bestandtheile überdauere; sie erhält sich nur während des Wechsels einiger, indess die unverhältnissmässig grössere Menge der übrigen ihr noch einen Stützpunkt darbietet; sie würde zu Grunde gehen, wenn alle Theile des Körpers in gleichem Augenblicke wechseln wollten. Ein solches Verhalten aber ist sehr einfach, und erinnert an sehr viele unorganische Zusammenstellungen von Kräften, deren Resultat in seiner Form und seiner Existenz überhaupt nicht sogleich zu Grunde geht, wenn ihm einzelne dieser Bedingungen entzogen werden. Jeder Baumeister weiss, dass man einzelne Bausteine eines Gebäudes entfernen kann, ohne sofort seinen Einsturz herbeizuführen; die Cohäsion der Theile reicht noch immer hin, um die äussere Gestalt den Eingriffen der Schwere entgegen aufrecht zu halten. Aber man darf einem so geschwächten Gebäude nicht noch ausserdem gleiche Lasten aufbürden, wie früher, und dies ist der andere hier in Betracht kommende Punkt. Wenn auch der Wechsel der Bestandtheile Gestalt und Aussehn eines Systems nicht ändert, so kann er doch die Resistenzkraft desselben gegen neue eintretende Störungen sowohl schwächen, als in einzelnen Fällen verstärken. Können wir daher auch von den Lebenserscheinungen zugeben, dass sie durch diesen Wechsel wenig geändert werden, so gilt doch grade von der Lebenskraft, d. h. von der Intensität, mit der jene hervorgebracht werden und sich gegen aussen erhalten können, nicht dasselbe; sie erleidet vielmehr Schwankungen, deren Grösse

in irgend einer Form der Proportionalität von der Grösse jenes Wechsels abhängt.

86. In irgend einer Form der Proportionalität, sagten wir eben und müssen hinzufügen, dass wir diese allerdings nicht anzugeben im Stande sind. Aber dies nicht wegen der freilich vorhandenen Unvollkommenheit unserer Erkenntniss, sondern weil ein sehr einfacher Ausdruck dieser Abhängigkeit gewiss der Natur der Sache nicht entsprechen würde. Es ist eben ein anderer sehr geläufiger Irrthum, der sich in den oben angeführten Worten ausspricht, dass die Lebenskraft nicht die Summe oder das Product der einzelnen Molecularkräfte des Körpers sein könne. Diese Vorstellungen würden viel zu einfach sein; nicht Summe oder Product, sondern nur eine Function irgend welcher Art kann die Grösse der Lebenskraft von den Kräften der einzelnen Theile sein. Wenn wir uns erinnern, dass schon die Diagonale eines Kräfteparallelogramms nur in dem einzigen Falle, wo beide Seitenkräfte gleiche Richtung haben, in die Summe beider übergeht, wenn wir ferner bedenken, wie äusserst vielfältig die oben bei der Reizbarkeit erwähnten Zusammenstellungen der einzelnen Kräfte in zusammenwirkende Systeme sein können, so werden wir natürlich die Erwartung nicht hegen, dass die Intensität der Lebenskraft nach einer sehr einfachen Formel von dem Umfang und der Geschwindigkeit des Wechsels in den Bestandtheilen abhängen werde. Wer hier voraussetzen wollte, dass sie der Summe der Molecule, also dem Gewichte des Körpers proportional sei, würde nicht genauer verfahren, als der, welcher die Resultante zweier Seitenkräfte blos aus ihren Geschwindigkeiten und ohne Rücksicht auf den Winkel, den sie einschliessen, berechnen wollte. Es kann lästig erscheinen, diesen so einfachen Ueberlegungen so vielen Raum zu gönnen; dennoch ist es nicht unnöthig, wenn wir die Versuche, welche die Physiologie oft gemacht hat, überblicken. Aus der Vernachlässigung der complicirten Verhältnisse, unter denen die physischen Kräfte im Organismus wirken, gehen nicht nur die Phantasien hervor, welche hier ganz andere Principien des Wirkens zu sehen glauben, als auf unorganischem Gebiete, sondern auch die Erklärungsversuche derer, die einer mechanischen Ansicht huldigen, kranken sehr oft an diesem Fehler. Die physischen Kräfte und ihre einfachen Gesetze für sich allein

sind die Zaubermittel gar nicht, durch welche man den Zusammenhang des Lebendigen in sich selbst plötzlich offen legen könnte; das Organische kann vielmehr nur aus sich selbst erklärt werden; die gegebenen Verhältnisse, in denen die Bestandtheile des Körpers stehen, und in welchen wir eben das Organische des Organismus sehen, sind es allein, aus denen das Eigenthümliche und scheinbar Abweichende in den Lebenserscheinungen vermittelst mechanischer Principien erklärt werden kann.

87. Die organische Kraft soll sich dadurch von allen andern unterscheiden, dass sie sich ohne Verlust ihrer Intensität theilen und auf mehrere Stoffe übertragen lasse. Auch dies ist ein sehr ungenauer Ausdruck, der die Erscheinungen viel zu massenhaft in eine unklare Vorstellung zusammenzieht. Wir unterscheiden zunächst die Uebertragbarkeit der Kraft überhaupt von dem Gleichbleiben ihrer Intensität. Wer sich der früheren Auseinandersetzungen über den Begriff der Kraft erinnert, kann natürlich weder im Lebendigen noch im Unbelebten von einer unmittelbaren Uebertragung derselben von einem Substrat auf das andere sprechen, gleich als wäre sie ein selbständiges Fluidum, das seinen Ort wechseln könnte. Nichts anderes kann stattfinden, als dass ein Stoff auf den andern einwirkt, und durch seine Einwirkung diesen in Zustände versetzt, unter denen ihm seiner eigenen Natur gemäss Fähigkeiten zu Wirkungen entstehen. Die Kraft wird weder übertragen, noch von einem in dem andern geweckt, sie wird vielmehr erzeugt durch die Bedingungen, in welches ein Molecul das andere bringt. Selbst in dem einfachsten Beispiele scheinbarer Uebertragung, in der Mittheilung der Bewegung, können wir uns diese nicht als einen fertigen Process denken, der von dem stossenden Körper in den angestossenen überspringt; in der Mittheilung des Magnetismus, der Erregung der Electricität, der chemischen Processe finden wir überall, dass ein Molecul in dem andern eine Thätigkeit erzeugt, nicht sie ihm von aussen fertig bringt. Wir sehen aber zugleich an mehreren dieser Processe denselben Mangel an Schwächung der Intensität, der die Lebenskraft characterisiren sollte. Auch der Magnet theilt ohne schwächer zu werden, seine Kraft vielen Eisenstäben mit, eben weil er nichts mittheilt, wodurch er ärmer werden könnte, sondern nur Bedingungen herstellt, unter denen das Eisen aus seiner eignen Natur heraus Fähigkeiten zu

gleicher Wirkung annimmt. Auf welche Weise dies geschehe, wissen wir nicht, aber gerade bei den lebendigen Processen lässt sich der Hergang dieser scheinbaren Mittheilung um so leichter verfolgen. Aus dem Körper der Aeltern wird anfänglich nur ein sehr unbedeutender Antheil von Masse, das Ei und das Sperma entfernt. Wer in diesem Substrate nun eine besonders concentrirte Menge von Lebenskraft sucht, wird sich allerdings wundern müssen, dass seine Entfernung das Leben der elterlichen Organismen nicht bedroht. Wir dagegen setzen voraus, dass seine Entwicklungsfähigkeit nur in einer bestimmten chemischen Mischung und der Anordnung seiner kleinsten Theilchen beruht. Da nun diese unbedeutenden Massen mit dem elterlichen Organismus in keiner nahen Gemeinschaft der Functionen standen, da selbst die Nahrungsstoffe, die der Embryo von dem mütterlichen Körper verlangt, nicht dessen Substanz entzogen werden, sondern nur die Vermehrung eines Assimilationsprocesses voraussetzen, dessen Grösse ohne Schaden auch unter andern Umständen schwanken kann, so ist die Erzeugung eines neuen Wesens keine Aufgabe, von deren Ausführung eine Schwächung des Lebens der Erzeugenden zu erwarten wäre. Viel heftiger greifen in die Bedingungen des Lebens die andern Anstrengungen ein, die nach vollendeter Bildung die Geburt vermitteln, und wir sehen durch sie viel leichter, als durch die angebliche Theilung die Intensität der Lebenskraft erschöpft werden.

88. Ist nun diese Uebertragung nicht räthselhaft, so ist es ebensowenig die bedeutende Zunahme der Lebenskraft, die bei der Entwicklung eines organischen Wesens stattfindet, und die man recht gut als ein weiteres Unterscheidungsmerkmal der organischen Kräfte hätte aufführen können. Eine Erzeugung oder Vermehrung von Kräften findet in der Natur sehr häufig statt; obgleich natürlich dieselben nie aus Nichts entstehen, gehen sie doch nicht immer aus dem ersten Anstoss der Bewegung hervor. Wer da verlangte, dass die ganze später auszuübende Kraft eines Gebildes schon in dem Keim enthalten sein müsse, aus dem es entstand, würde eine Analogie unserer Maschinentechnik sehr unpassend auf die Verhältnisse der freien Natur übertragen. Wir wollen zunächst ein einfaches Beispiel anführen. In dem kleinen Theile einer Schallwelle, welcher eine Schneeflocke auf abschüssi-

ger Unterlage zu Falle bringt, liegt ohne Zweifel eine ausserordentlich geringe mechanische Kraft; auch wird die zuerst erzeugte Bewegungsgrösse, das Product des Gewichts der Schneeflocke in die nur durch jenen Stoss ihr ertheilte Geschwindigkeit an sich nicht hinreichen, grosse Effecte hervorzubringen. Aber diese Bewegungsgrösse steigert sich sofort ohne Einwirkung neuer Impulse durch die zunehmende Geschwindigkeit, die der Fall jedes Körpers mit sich führt. Durch diesen Zuwachs vermag das erste Schneetheilchen am Ende seines Falles einen bedeutenderen Stoss auszuüben, als es empfing; eine grössere Masse setzt sich daher jetzt in Bewegung, und auch diese Bewegung wächst von selbst durch die Beschleunigung der Schwere, so dass zuletzt ungeheure herabstürzende Massen jene vernichtende Gewalt ausüben, von der in der Schallwelle, die den ersten Impuls gab, nur ein unendlich kleiner, ganz unvergleichbarer Theil vorhanden war. Die Vergrösserung der Kraft entsteht daher dadurch, dass neue Verhältnisse, die durch den ersten Anstoss entstanden, Kräfte zur Wirksamkeit berufen, die früher gehemmt waren. Um aber ein System gebundener Kräfte aus seinem Gleichgewicht zu bringen und durch die Macht der so befreiten einen Effect zu erzeugen, dazu genügt häufig eine unendlich viel kleinere Kraft, als nöthig wäre, um denselben Effect ohne dieses Mittelglied zu bewirken. Nicht also der Mangel an Intensitätsschwächung allein, sondern auch die Zunahme der verwendbaren Kraft ist ein den gewöhnlichen Gesetzen keineswegs widersprechendes Ereigniss.

89. Nicht auf dieselbe Weise zwar, wie in dem angeführten Beispiele, aber wesentlich nach demselben Princip entsteht sie nun auch in den organischen Körpern. Auch sie erhalten die Lebenskraft, mit der sie weiter wirken sollen, nicht in dem Sinne übertragen, dass ihnen eine constant bleibende Grösse der Kraft mitgetheilt würde, sondern nur die Fähigkeit, durch die Zusammenstellungsweise ihrer Elemente Kräfte für ihren Dienst zu werben, geht von den elterlichen Organismen auf sie über. Aber es ist hier nicht eine räumliche Bewegung, nicht ein mechanischer Process im engsten Sinne, welcher durch andere Bewegungsprocesse sich verstärkt; an die Stelle der Schwere treten vielmehr überwiegend die chemischen Processe. Der Keim wird zunächst in eine Lage gebracht, in welcher er mannigfaltigen äusserlichen

Einflüssen offen steht; mögen diese nun zuerst noch aus einem andern Organismus herrühren, von dem er sich noch nicht gelöst hat, oder sogleich aus der äussern Natur, deren erziehender Kraft er überliefert worden ist. Jeder chemische Process, der jetzt stattfindet, kann, freilich nur auf kleine Entfernungen, die Lage der Theilchen ändern; er kann Cohäsionserscheinungen zwischen dem ursprünglichen Keime und einzelnen Theilen der umgebenden Stoffe herbeiführen, durch welche die Masse des werdenden Organismus vergrössert wird, indem das nun Zusammenhaftende jedem neuen Bewegungsimpuls in Gemeinschaft zu folgen gezwungen ist. Mit jedem neuen chemischen Processe, der sich entspinnt, kann sowohl die innere Lagerung als die Vergrösserung nach aussen sich ändern, und diese beiden Folgen werden wieder rückwärts bald Begünstigungen, bald Hindernisse für das Eintreten neuer chemischer Wirkungen enthalten, so dass sowohl Wachsthum als der Abschluss desselben in diesen einfachen Vorgängen seinen Grund hat. Die organische Masse, die sich auf solche Weise von der Umgebung abgrenzt, besteht nun aus einer Summe von Theilchen, deren Molecularkräfte nicht zu Grunde gegangen sind, sondern fortwirken, aber in einer gegenseitigen Verbindung, durch welche sie nur in Gemeinschaft und den Bedürfnissen des Organismus gemäss thätig sein können. Auch ist die Hervorbringung dieser Gemeinschaft selbst kein Act der Gewalt, gegen den sie widerspenstig wären, so dass eine besondere Lebenskraft, grösser als die Kräfte aller Molecule zusammengenommen, nöthig wäre, um ihre Verbindung zu erzwingen, sie in derselben festzuhalten und zu zügeln; alle hinzugekommenen Massen haben sich vielmehr mit dem Keime verbunden, weil unter den vorhandenen Umständen diese Verbindung die nothwendige Consequenz ihrer eignen Kräfte war. Die Anordnung der Umstände ist daher allein das, worin die Macht des Lebens beruht, und durch welche es sich unter den äussern Einflüssen nicht nur zu erhalten, sondern das Aeussere selbst seinen Zwecken zu unterwerfen versteht. Und so würde auch der letzte Unterschied fallen, welcher die Lebenskraft dem mechanischen Princip ihres Wirkens nach von den unorganischen Kräften abtrennte.

§. 11.

Die Zusammensetzung der organischen Kräfte.

Nicht nur zur Bequemlichkeit leichterer Uebersicht trennen wir von dem Vorigen die anderen Unterscheidungen zwischen Lebendigem und Unlebendigem ab, zu denen wir jetzt übergehen. Während die bereits erläuterten Behauptungen die Lebenskraft als eine einfache Kraft ansahen, aber in ihrer Wirkungsweise Abweichungen fanden, die verhinderten, sie mit denen der unorganischen Natur zu vergleichen, geben diese andern Ansichten zu, dass sie ein Resultat vieler Bedingungen sei, aber sie glauben in den Erscheinungen des Lebens Züge zu sehen, welche sich nicht als Resultate solcher Combinationen von Kräften ansehen liessen, wie sie in der unlebendigen Natur vorkommen und allein möglich sind.

90. Man hat wohl auch sonst häufig gesagt, dass der organische Körper, wenn er auch übrigens mechanisch wirke, doch mindestens eine sich selbst in Bewegung setzende, sich selbst aufziehende Maschine sei. Noch Treviranus bemerkt, der Mechanismus zehre sich durch seine Wirkungen auf, der Organismus habe sein Bestehen durch die ihm eigene Wirksamkeit. Allein der erste Theil dieses Satzes würde nur wahr sein, wenn er mit genauerem Ausdrucke von den durch Menschenkräfte gebauten Maschinen spräche, denen allerdings unsere Technik eine unvergängliche Bewegungskraft nicht zu verschaffen vermag. Im Angesichte der Gestirne dagegen, die in ihrem wechselvollen mechanischen Laufe nie zur Ruhe kommen, sondern in der That ein Triebwerk darstellen, das sich selbst aufzieht, indem jeder Planet, an seinen vorigen Ort gelangt, auch dieselbe Richtung und Geschwindigkeit wiedergewinnt; im Angesicht der Thatsache ferner, dass gerade den lebenden Wesen ein Ziel gesetzt ist, das sie nicht zu überschreiten vermögen, werden wir wohl zugeben müssen, dass vielmehr das Gegentheil jener Behauptung durch die Erfahrung gelehrt wird. Wo in der Natur Grundkräfte frei wirken, da rufen gerade sie durch die einfachsten mechanischen Verhältnisse jenes sich selbst erhaltende Bewegungsspiel eines perpetuum mobile hervor, während die organischen Körper nicht solchen freien Mechanismen der Natur, sondern den Maschinen

der Kunst ähnlicher sind, die fortwährend eines Ersatzes und neuen Anstosses ihrer Thätigkeiten bedürfen. Wie Uhren Tage, Monate, Jahre lang gehen, so läuft das Triebwerk der menschlichen Maschine in 70 Jahren und darüber ab, und nie hat es jene angebliche Fähigkeit, sich selbst aufzuziehen, wenn die Bedingungen seines Ganges verschwunden sind. Und selbst innerhalb dieser Periode gehören die günstigsten Bedingungen zu einem auch nur so langen Ablauf. Doch diese Thatsachen zu lehren, konnten uns nur die unbegreiflichen Behauptungen ihres Gegentheils veranlassen: es ist von mehr Interesse, die Motive, die diesen, und die Ursachen aufzusuchen, die dem wirklichen Hergang der Sache zu Grunde liegen.

91. Sie finden sich beide in demselben Punkte; die Theorie nämlich hegt das Vorurtheil, dass die vornehmste Existenz auch die bedürfnissloseste und selbstgenügsamste sein müsse; in der Natur der Sache dagegen liegt es, dass nur das Einfachste unbedingt sich erhält, wo es nicht von aussen gestört wird, während das Zusammengesetzte, um nicht durch seine eigenen innern Bewegungen zu Grunde zu gehen, sehr glückliche Bedingungen der Stabilität besitzen muss. Deshalb schreibt die gewöhnliche Ansicht dem Leben eine fast unerschöpfliche Fähigkeit zu, sich ohne Beihilfe von aussen zu erhalten und zu entwickeln, während die mechanische Betrachtung desselben uns mit um so grösserer Bewunderung erfüllt, je deutlicher wir die Mannigfaltigkeit der Bedürfnisse und der drohenden Störungen einsehen, durch welche das scheinbar so gebrechliche Leben sich doch oft so lange unzerstört hindurchkämpft. Eine einfache geradlinige Bewegung geht ins Unendliche fort, und bedarf directen Widerstandes, um aufzuhören. Jede Pendelschwingung ist eine sich selbst wiedererzeugende Bewegung, indem dieselbe Schwerkraft, welche die Beschleunigung nach dem tiefsten Punkte der Bahn erzeugte, über ihn hinaus zur verzögernden Kraft wird, und die Beharrungsgeschwindigkeit des schwingenden Körpers in demselben Momente völlig aufzehrt, wo er auf gleicher Höhe mit seinem ursprünglichen Ausgangspunkte angekommen ist. Sofort muss er nun ihrem beständigen Einfluss von neuem unterliegen, und dieselbe Bewegung in umgekehrter Richtung wiederbeginnen. Aber schon hier hemmt nicht nur der Widerstand der äussern Luft, sondern auch die

Steifigkeit des Fadens, die der Schwere entgegenwirkt, oder die Reibung am Aufhängepunkte die beständige Fortdauer der Bewegung; sie wird also gehindert durch Nebeneigenschaften derselben Mittel, durch welche die zu ihrer Erzeugung nothwendige Lage der Umstände hervorgebracht ward. Bei grösserer Complication der Bedingungen finden sich solche störende Nebeneffecte um so häufiger ein, und im Organismus, für den eine zahllose Menge chemischer und mechanischer Processe die Bedingungen des Daseins bilden, wird es ohne Zweifel eine grosse Anzahl von Elementen geben, die stets gleichsam auf der Tangente jener Bahn fortzugehen streben, die sie zum Dienste des Lebens eigentlich beschreiben sollten. Oder mit anderen Worten, es wird Bestandtheile geben, die, indem sie dem Leben dienen, zugleich so verändert werden, dass sie die Grundlage der weiteren Fortexistenz mehr oder minder gefährden. In der That werden wir, ganz entgegengesetzt der Aeusserung von Treviranus, später im Einzelnen finden, dass die Organismen, und zwar am meisten die höheren der Thiere überwiegend durch diese inneren Störungen ihrer Elemente gegen einander zu Grunde gehen, während die äussere Natur sich im gewöhnlichen Laufe der Dinge vielmehr als ein begünstigendes Mittel ihrer Erhaltung zeigt.

92. Eines solchen bedürfen sie auch, und weit entfernt, sich aus eigner Macht zu erhalten, würden sie vielmehr schnell zu Grunde gehen, wenn ihre Triebkraft nicht stets aufs Neue angeregt würde. In der Respiration, der Nahrungsaufnahme und auf vielfältige andere Weise treten diese begünstigenden Lebensreize in das Getriebe der organischen Körper ein. Dass nun die Körper durch eigene Thätigkeiten zur Aufnahme derselben beitragen, läugnen wir nicht, allein eine nähere Betrachtung aller dieser Functionen würde doch leicht zeigen, dass sie selbst zu diesen Thätigkeitsäusserungen anderseits wieder durch ein ihrem eignen leiblichen Leben fremdes Princip genöthigt werden. Auch sind ähnliche Verhältnisse durchaus nicht den gewöhnlichen mechanischen Vorrichtungen völlig fremd. Man betrachte ein Wasserrad, das in den Strom eines Flusses gestellt ist. Die Stosskraft der Strömung ist es, welche zuerst das Rad um seine Axe bewegt, aber durch die Bewegung selbst stellt es in jedem Moment sich so, dass seine Schaufeln oder geöffneten Kästen der Strömung

unter vortheilhaften Winkeln entgegenkommen, um entweder einen neuen Stoss aufzunehmen, oder selbst eine Quantität des Wassers zu fassen, fortzuführen und an einem höher gelegenen Punkte auszugiessen. Aehnlich verhalten sich grossen Theils die organischen Körper; sie sind nicht in den Strom eines Wassers, aber in die allgemeine und umfassende Strömung des Naturlaufs eingelegt, dessen einzelne Processe beständig Anregungen auf sie ausüben und sie mit mechanischer Gewalt in Lagen bringen, in denen sie selbstthätig den ankommenden Reizen entgegenzugehen und sich ihrer zu bemächtigen scheinen. So wurzeln die Pflanzen in dem Boden und strecken ihre Zweige in Luft und Licht hinaus; eingetaucht in diese sie überall umgebenden Lebensreize können sie der Einwirkung derselben nicht widerstehen, und werden ohne Weiteres durch sie und ihren Wechsel in ihren Entwicklungen bestimmt. Und wenn die Wurzel feinere Fasern treibt, um den Nahrungssaft aufzusuchen, oder die Blätter sich immer reicher entfalten, um der Luft auf grossen Oberflächen eine Wechselwirkung mit dem Innern möglich zu machen, so sind diese scheinbar selbstthätigen Anstrengungen zur Aufnahme neuer Reize im Grunde doch stets Wirkungen der Reize, die früher bereits eingewirkt haben. Das Thier freilich sucht seine Nahrung auf; aber die psychischen Processe, die hier vermittelnd dazwischentreten, zerbrechen doch die Kette dieser mechanischen Wirkungen nicht. Das Bedürfniss führt hier zur Empfindung, diese zur instinctmässigen Bewegung, aber die Befriedigung erfolgt doch nur, wenn der Bewegung, die zwar suchen, aber nicht erzeugen kann, der geeignete Ersatz entweder zufällig aufstösst, oder wenn er durch eine vorangehende Einwirkung auf die Empfindung selbst die suchenden Schritte auf sich zulenkt. So ist es überall der allgemeine Naturlauf, der die einzelnen endlichen Wesen erhält und pflegt, die verführt von einem Scheine der Selbständigkeit so oft ihres nothwendigen Zusammenhanges mit dem Ganzen vergessen.

93. Ein sehr oft gethaner Ausspruch ist es, dass in dem Unlebendigen das Ganze seine Bedingungen in den Theilen, im Organismus dagegen der Theil seine Bedingungen im Ganzen habe. Sätze dieser Art sind stets die überredendsten, da sie unleugbar wirklich vorhandene Verhältnisse auf eine leicht entgehende Weise

verfälschen. Man kann zunächst nur fragen, welcherlei Bedingungen gemeint sein sollen, denn wir müssen solche der Existenz, der Form und der Wirksamkeit unterscheiden. In Betreff der letzten zeigt sich das Irrige jenes Satzes am leichtesten. Denn so gewiss es ist, dass die meisten Wirksamkeiten der organischen Theile ihnen nur durch ihre gegenseitige Verbindung, also durch die Stelle, die sie im Ganzen einnehmen, zukommen, so ist doch nicht weniger gewiss, dass jedes Molecul daneben auch die Wirkungsfähigkeiten bewahrt, die ihm unabhängig von seiner Verbindung mit andern um seiner eignen Natur willen zukommen. Und grade durch diese allein stellt es ja seine Verbindung mit andern zu dem Ganzen her, von welchem jene Ansicht seine Wirkungsfähigkeit abhängen lässt. Nicht anders aber verhält es sich mit jedem Maschinentheil. Gehen wir über zu der Form des Lebendigen, so würde der Satz, dass die Formen der Theile durch die Form oder durch die Wirksamkeit des Ganzen bestimmt würden, in dieser Fassung einen so offenbaren Widerspruch einschliessen, dass wir selbst der geheimnissvollen Natur des Lebens seine Verwirklichung nicht zutrauen können. Dennoch hat man ihn geradezu so ausgesprochen, im Lebendigen sei das Ganze eher als der Theil. Man kann dies nur auf zwei Weisen verstehen. Es könnte nämlich die Masse des Ganzen vorhanden sein, ohne dass bereits die Theile geformt und organisirt sind. Obgleich dies nun nicht im Allgemeinen der Hergang bei der Bildung der Organismen ist, so könnte doch annähernd etwas Aehnliches im Kleinen bei der Bildung einzelner Organe stattfinden. Wenn aber aus einer so ungeformten Masse heraus sich eine Gestalt der einzelnen Theile entwickelt, so ist sie doch gewiss nur die nothwendige Folge der Kräfte, welche zwischen diesen wirken, und der Ausdruck des Gleichgewichts, in dem sie zur Ruhe kommen, ganz ähnlich wie wir auch langsam krystallisirende Niederschläge sich durch die Wirkung ihrer Molecularkräfte allmälich in regelmässige, strahlige oder andere Formen anordnen sehen. Grade hier würde also die Form des Theils ihre Bedingung nur scheinbar im Ganzen haben, das ja als organisirtes Ganzes noch gar nicht, sondern nur als Summe oder Haufen von Bestandtheilen vorhanden ist. Ganze Organismen nun hat Niemand auf diese Weise entstehen sehen; scheinen sich aber

die Elementartheile derselben oder auch grössere Organe in dieser Art zu bilden, so weiss man doch, dass auch dies nur innerhalb eines schon bestehenden Organismus geschieht, mit dem sie in Zusammenhang stehen, und der ohne Zweifel allein die Bedingungen enthält, unter welchen die Massentheilchen Gestalten annehmen können, welche in der blossen Wirkungsweise ihrer Molecularkräfte nicht nothwendig begründet sind.

94. Aber beliebter ist die andere Auslegung jenes Satzes, dass nämlich das Ganze nicht actu, sondern potentia früher sei als die Theile, eine Annahme, die natürlich nicht die Masse, sondern nur eine gewisse Bildungskraft des Ganzen den Theilen vorangehen lässt und daher am häufigsten so gewendet wird, dass irgend ein Typus, eine Idee der Gattung als das potentiell Vorhandene, die Verwirklichung der Theile leite. Um diese Ansichten zu beurtheilen, ist es nöthig, den Sinn jener oft missbrauchten philosophischen Ausdrücke festzustellen. Was wir als potentia seiend bezeichnen, ist nicht einfach gleichbedeutend mit dem blos Möglichen, d. h. mit dem, dessen Existenz blos keinen Widerspruch in den Gesetzen des Naturlaufs findet; es ist vielmehr ein Vorbereitetes, für dessen Dasein und Gestalt die meisten und wesentlichsten Bedingungen vorhanden sind, das aber doch noch ergänzender Bedingungen bedarf, um vollständig begründet zu sein, und in die Wirklichkeit einzutreten. Auf solche Weise ist jeder Organismus in seinem Keim begründet, nicht vollständig zwar, da äussere Reize zu seiner Entwicklung noch eben so nothwendig sind, aber doch seinen wichtigsten Bedingungen nach, da jene Reize auf die Form seiner Gestaltung nur sehr wenig Einfluss ausüben. Dagegen ist es eine im Grunde widersprechende Redeweise, dass der Organismus im Keime bereits potentiell vorhanden sei; alles nur potentiell Vorhandene ist vielmehr nicht vorhanden, und es sind an seiner Statt nur gewisse Bedingungen wirklich gegeben, aus denen es unter Hinzutritt der Einflüsse des Naturlaufs später als nothwendiges Resultat hervorgehen muss. Von dieser Summe von Bedingungen nun ist zweierlei zu bemerken. Sie ist zuerst offenbar nicht mit dem zu identificiren, was später aus ihr folgt, sie ist vielmehr diesem Erfolge ganz unähnlich; das was späterhin actu existirt, ist seinem ganzen Ausseha nach ein Anderes, als die Bedingungen, in

denen es der Hauptsache nach vorgebildet lag. Zweitens müssen wir bedenken, dass diese Summe von Bedingungen, die wir einen potentiellen Organismus nennen, selber doch keineswegs etwas nur Potentielles, sondern vollkommen actuell ist; sie ist ein System wirklich vorhandener Massen und wirklicher ausgeprägter Beziehungen zwischen denselben. Nur insoweit, als ein potentieller künftiger Erfolg zugleich in einer solchen actuellen, wirklichen Verknüpfung einzelner wirkender Ursachen präformirt ist, kann man ihm denn auch eine Fähigkeit zuschreiben, selbst zu wirken und eine Entwicklung von Erscheinungen hervorzubringen. Wenden wir nun dies auf unsern Fall an, so zeigt sich, dass auch der Keim eines Organismus die Ausgestaltung der Theile nicht bewirkt, insofern er potentiell das künftige Ganze, sondern insofern er actuell die gegenwärtige Verbindung von Theilen ist. Da aber diese in einer solchen Verknüpfung unter einander stehen, dass aus ihren Gegenwirkungen mit dem Naturlaufe später das Ganze hervorgehen muss, so wirken sie natürlich von Anfang an nach allen Seiten dem Plane dieses Ganzen gemäss, und der Liebhaber ungenauer Ausdrücke kann daher das Ganze als schon in ihnen gegenwärtig und wirksam vor seiner eigenen materiellen Vollendung und Entfaltung ansehn.

95. Kaum ist es nöthig, diese Betrachtungsweise noch ausdrücklich für den Fall durchzuführen, dass man als das vor den Theilen Vorhandene etwa eine Idee der Gattung, einen Typus oder Begriff des Organismus ansieht. Die Einführung eines idealen Princips in den Kreis der Bedingungen, an denen das Leben hängt, würde sich logisch rechtfertigen lassen, wenn man dies entschieden als eine substantielle Seele fasste, die gleich andern Kräften, mit denen sie verbunden wirkt, einen Beitrag zur Gestaltung des Organismus lieferte. Ob eine solche Ansicht zugleich in der Natur der Sache eine Begründung habe, dies zu entscheiden überlassen wir der Physiologie des geistigen Lebens, die wir von diesem Werke ausgeschlossen haben. Typen dagegen, Ideen der Gattung oder ähnliche Abstracta können nie als wirkende Kräfte betrachtet werden; sie sind stets potentielle Mächte der eben geschilderten Art, deren Fähigkeit zu Wirkungen nur auf der actuellen Zusammenstellung materieller Mittel beruht, in deren Verhältnissen eine ihnen entsprechende Gestalt des zukünftigen

Erfolges vorgebildet ist. Nie greifen sie selbst von oben herab regelnd und ordnend in das Getriebe der physikalischen Processe ein; diese letzteren scheinen nur unter ihrem Einflusse zu stehen, weil sie gerade umgekehrt die Ursachen sind, aus denen jene Gestalten der Erfolge hervorgehen. Die Wirklichkeit geht daher stets aus einer gleichartigen Wirklichkeit, das ausgearbeitete Ganze aus den Kräften einiger arbeitenden Theile hervor, und nie wird eine Idee der Gattung, ein Typus des Lebens sich verwirklichen, wenn nicht vorher ein System von Massen vorhanden ist, aus dessen Gegenwirkungen der von der Idee beabsichtigte Erfolg als eine mechanische Nothwendigkeit ohnehin hervorginge. Auch in dieser Rücksicht unterscheidet sich daher das Lebendige nicht *principiell* von dem Unlebendigen. Aber weil wir gewohnt sind, das Lebende allein als ausgeführten Zweck, jedes unorganische Ereigniss aber nur als Erfolg wirkender Ursachen anzusehen, dichten wir in die vorangehenden Bedingungen des ersten das Ganze als eine schon mitwirkende Kraft hinein, während wir bei den zweiten nur das sehen, was wirklich vorhanden ist, eine Summe von Umständen, aus denen künftig ein Erfolg entspringen kann. Auch im Frühling liegt potentiell Sommer, Herbst und Winter; und auch nur weil der ganze Cyclus der Jahreszeiten potentia im Frühling enthalten ist, wird dessen actueller Uebergang in den Sommer möglich.

96. Wollten wir diese Betrachtung jedoch nur auf die Entstehung der Organismen beschränken, so würde man sie vielleicht zugeben, aber doch einwenden, dass auch im weiteren Verlaufe der Entwicklung das Leben bei zufälligen Störungen Abänderungen seines Verfahrens, überhaupt zweckmässige Accommodation an Umstände zeige, welche in der ursprünglichen Zusammenstellung von Kräften im Keime nicht bereits vorgesehen sein könnten. Dadurch schiene also doch die organische Kraft sich von jeder blos physikalischen zu unterscheiden, die ohne Umkehr und Auswahl des Zweckmässigen in jedem Falle nach demselben Gesetze fortarbeitet, auch wo diese Consequenz die beabsichtigte Wirkung des Ganzen aufhebt. Allein zuerst müssen wir dagegen erinnern, dass es häufig gar schwer sein würde, die Zweckmässigkeit in den Abänderungen des ganzen Bildungsganges nachzuweisen, die wir bei äussern Störungen allerdings eintreten

sehen. Wenn in einer Missgeburt Formfehler einmal so gross sind, dass ein vernünftiges, der Idee der Gattung gemässes Leben nicht mehr erreicht werden kann, selbst durch jene Abänderungen des Bildungsganges nicht, wie kann man da wohl etwas Zweckmässiges darin sehen, wenn die bildenden Kräfte nun doch fortwirken, obwohl der Zweck ihres Wirkens längst unwiderbringlich verloren ist? Wenn einem Fötus einmal das Gehirn fehlt, so wäre für eine frei sich bestimmende Kraft das einzig Zweckmässige dies, ihre Wirkungen einzustellen. Darin aber, dass die bildenden Kräfte durch ihr Fortwirken dazu beitragen, dass ein so völlig unzweckmässiges und elendes Geschöpf auf eine der Idee der Gattung widerstreitende Weise eine Zeit lang existiren kann, darin scheint mir im Gegentheil ein schlagender Beweis dafür zu liegen, dass der ganze Process der Bildung stets nur von einem Kreise rein mechanisch determinirter Kräfte abhängt, deren Ablauf, wenn er einmal eingeleitet ist, ohne Besinnung und Rücksicht auf sein Ziel genau so weit dem Gesetze der Trägheit nach vor sich geht, als ihm nicht ein Widerstand entgegengesetzt oder die dienenden Mittel entzogen werden. Ein natürliches Gefühl würde sich nicht so vor Missgeburten entsetzen, wenn es in ihnen zweckmässige Bestrebungen, doch wenigstens Etwas zu bilden, zu sehen vermöchte. Das Grauen rührt daher, dass hier der Mechanismus sich emancipirt und losgerissen von seiner Naturidee mit der besinnungslosen Emsigkeit der Nothwendigkeit fortarbeitet.

97. Gleichwohl verkennen wir nicht, dass zweckmässige Abänderungen des Bildungsganges und eben so zweckmässige Abwehrungen äusserer Störungen dem Leben eigenthümlich sind. Rührten sie jedoch in der That von einer eigenthümlichen Kraft her, welche diese Wirkungen ohne beständige Hilfe, vielleicht selbst gegen die Gesetze des mechanischen Naturlaufs erzeugte, so liesse sich kein Grund finden, warum diese Kraft, einmal dem Princip nach dem Mechanismus überlegen, nicht allgemein und beständig über ihn siegen sollte. Die Erfahrung am Krankenbette belehrt uns jedoch bald genug, dass diese Heilkraft ihre Grenzen, ja sogar ihre sehr engen Grenzen hat. Wird sie nun durch manche Lage der mechanischen Umstände an ihrer Wirkung gehindert, so liegt die Ueberzeugung nahe, dass auch ihre glück-

lichen Thaten von diesen nicht unabhängig sind, und dass ihre Macht nur aus den im einzelnen Falle einmal heilsam zusammenstimmenden Wirkungen der Umstände entspringt. Der allgemeinen Pathologie liegt der weitere Beweis ob, aber auch wir werden es hier im Folgenden erweisen können, dass in der That die Heilkraft der Natur nur so weit geht, als die in der Construction der organischen Maschine einmal gegebenen glücklichen Umstände reichen, vermöge deren eine Störung durch eine andere aus der Störung selbst mit mechanischer Nothwendigkeit entspringende Veränderung compensirt wird. Auch die Technik unseres Maschinenbaues kennt solcher Compensationsvorrichtungen genug, obgleich sie an Mannigfaltigkeit ihrer Brauchbarkeit so wie an Einfachheit ihres Princips der Verfahrungsweise des Lebens weit nachstehen. Dies dem Folgenden überlassend, begnügen wir uns hier damit, die letzte jener Kräfte von schwankender zweideutiger Natur beseitigt zu haben, die weder mit blinder mechanischer Nothwendigkeit, noch mit voller und klarer Freiheit eines substantiellen Geistes, sondern mit unmöglichen Prädicaten unbewusster Vernünftigkeit oder unpersönlicher Berechnung und Freiheit auf das Spiel des Lebens einzuwirken vermeint werden.

DRITTES KAPITEL.

Vom Wesen und Begriff des Lebens.

---

§. 12.

Die lebendige und die todte Natur.

98. Die Voraussicht, dass eine unbefangene Prüfung keine Verschiedenheiten in den Principien des Wirkens zwischen der organischen und der unorganischen Schöpfung finden werde, hat sich bis hierher erfüllt. Wenn eine sehr allgemein verbreitete Lehre in der letztern zwar eine blinde Nothwendigkeit sieht, die erste aber mit ungewöhnlichen, freien, zweckmässigen Wirkungskräften ausstattet, so hat sich gezeigt, dass gerade in den Erscheinungen, die hierfür die bestimmtesten Belege darbieten soll-

ten, das Verfahren des Lebens nicht nur in den Principien des Wirkens mit dem des allgemeinen Naturlaufs übereinstimmt, sondern selbst in der Benutzungsweise seiner Kräfte sich nicht weit von den Wegen entfernt, welche die unorganische Natur und die Technik unserer Kunst ebenfalls betreten. Dennoch sind ohne Zweifel in der Verbindungsweise der physischen Kräfte zu den Erfolgen des Lebens eigenthümliche Züge genug vorhanden, die es rechtfertigen, diesen Kreis der Ereignisse von dem unbelebten Dasein abzutrennen. Auf dem gleichen Boden der allgemeinen Kräfte und Gesetze stehend mit allen übrigen Naturerscheinungen, kann doch das Leben durch die Eigenthümlichkeit und Tiefe des Sinnes, welchen es in seinem Gebahren mit jenen benutzbaren Elementen ausdrückt, sich entweder überall oder doch in seinen vollendetsten Beispielen entschieden von dieser übrigen Welt abgrenzen. Stellten die Betrachtungen des vorigen Abschnittes zuerst die Anstrengungen dar, eine Trennung des Lebens vom Unlebendigen festzusetzen, so haben wir jetzt die Pflicht, den Bestrebungen nachzugehen, jene Eigenschaften, die man als das Unterscheidende des Lebens gefunden zu haben glaubt, unter sich in Verbindung zu setzen und sie aus einem einzigen, wesentlichen Begriffe des Lebens, einem constitutiven Begriffe desselben abzuleiten. Dass characteristische und unterscheidende Merkmale dieser Art überhaupt vorhanden sind, haben wir früher schon zugestanden, wir haben jedoch unterlassen, sie namhaft zu machen. Denn so lange sie einzeln nur als Thatsachen aufgefasst werden, was früher allein möglich gewesen wäre, lehren sie nur, dass Unterschiede vorhanden sind, aber nicht von welcher Weite. Erst jetzt, wo wir sie zugleich in ihrem Zusammenhange betrachten können, vermögen sie sich als zusammenstimmende Glieder eines umfassenden Lebensplanes darzustellen, und durch die Absichtlichkeit gewissermassen ihres Zusammenhangs dem Leben einen nicht blos phänomenologischen, sondern ideellen Unterschied gegen das Unlebendige zu gewähren.

99. Indem wir nun die Versuche einer ideellen Deutung des Lebens überblicken, begegnet uns zuerst eine Ansicht, welche gerade von diesem Standpunkte aus einen wesentlichen Unterschied desselben von der übrigen Natur ebenso sehr in Abrede stellt, als wir eine Verschiedenheit der causalen Principien läug-

neten. Gegen jene Annahmen, welche die Natur in eine lebende und eine todte zerfällten, und für jede dieser Abtheilungen eigene Gesetze und Kräfte festsetzten, haben wir bisher gestritten, und da wir voraussehen, dass unsere Gegner uns jedenfalls diesen Vorwurf machen werden, so wollen wir lieber sogleich selbst gestehen, dass wir uns allgemein auf die Seite dessen gestellt haben, was ein gewöhnlicher sehr verkehrter Ausdruck als todte Natur bezeichnet. Nun begegnen wir der andern Ansicht, welche im Widerspiel hierzu eine Abgrenzung des Lebendigen vom Unlebendigen aus dem entgegengesetzten Grunde läugnet, weil vielmehr Alles lebe, und jedes Dasein mit irgend einer Form des Lebens gleichbedeutend sei. Dass von solchen Ansichten nun sehr oft alle jene irrthümlichen Begriffe über die Wirkungsweise der Kräfte, die wir in den Lehren von der Doppelheit einer lebendigen und todten Natur kennen gelernt haben, auch in die Betrachtung der unorganischen Natur hinübergeschleppt werden, wollen wir hier nur erwähnen, ohne die undankbare Mühe einer abermaligen Widerlegung auf uns zu nehmen. Dagegen haben wir zu untersuchen, welche Motive dieser Ausdehnung eines Begriffs zu Grunde liegen, der zunächst nur für eine beschränkte Gruppe von Naturerscheinungen geschaffen war, und welche Vortheile oder Nachtheile sie für die Beurtheilung des organischen Daseins, wie wir einstweilen unsern Gegenstand bezeichnen wollen, darbieten kann.

100. Was wir eigentlich der Welt Gutes sichern wollen, wenn wir sie durchaus lebendig nennen, geht am deutlichsten hervor, wenn wir dasjenige Unlebendige ins Auge fassen, dessen natürliches Dasein eben das Leben sein würde, nämlich das Todte, das mit einem ungenauen Gegensatze jene Ansicht dem Lebendigen gegenüberzustellen pflegt. An ihm fällt uns der Mangel jener erfreulichen Regsamkeit auf, durch welche dem Lebendigen der Wunsch zur Wirklichkeit, die Absicht zur Ausführung wird; ihm geht die Fähigkeit ab, die vereinzelten Einflüsse der Aussenwelt in sich zusammenzufassen, zu verarbeiten, und aus eigner Natur Rückwirkungen hervorgehen zu lassen, die abermals grössere oder geringere Gebiete der äussern Welt seinem Dienste unterthan machen. Und wo ja noch einzelne Einflüsse Spuren einer Reizbarkeit anträfen, die der Anregung auf eigenthümliche Weise ant-

wortete, so würde doch das fehlen, was allein diesen Resten Werth geben würde, jene Einheit, welche Handlungen nach einem Plane und in einer Absicht combinirte, und den tausend äussern Eindrücken nicht nur diese Vereinigung gewährte, in demselben Subjecte zusammenzutreffen, sie vielmehr selbstthätig zusammenfasste zu einem gemeinsamen Erlebnisse eines persönlichen Wesens. Das Todte besitzt überall kein Inneres mehr, keinen Mittelpunkt des Leidens und des Genusses, der Receptivität und des Handelns; mit der Entweichung dieses Bandes ist der Körper in ein Aggregat von Moleculen zerfallen, deren jedes für sich mit den äussern Gegenwirkungen sich abfindet, und höchstens durch äusserliche Nachbarschaft mit andern in eine Gesammtwirkung verwickelt wird. Der Weltlauf bemüht sich vergeblich, durch allerlei Reize dem todten Körper ein Zeichen innerer Regsamkeit abzugewinnen; die Reize finden kein Inneres, das sie aufregen könnten, und so sind alle Wirkungen, die dem Todten abgelockt werden können, nur die nothwendigen Folgen von äusserlichen Beziehungen, in welche einzelne Theile willenlos und ohne Kenntniss und Genuss derselben verflochten sind. Wenn nun das organische Leben wirklich so beschaffen wäre, wie wir bisher uns bestrebt haben, es darzustellen; wenn in der That alle seine Erscheinungen nicht aus einer innerlichen, intensiven Lebenskraft ausgingen, die als eine individuelle Macht alle Fäden dieses verschlungenen Gewebes festhält; wenn vielmehr der Ablauf aller dieser Ereignisse mit seinem überredenden Scheine innerer Selbstbestimmung, bildender Regsamkeit und sinniger Anschmiegung an veränderliche Umstände in Wirklichkeit doch nur von einer Kette günstig zusammenhängender Bedingungen abhinge; wenn die Glieder dieser Kette nur thatsächlich auf einander folgten, ohne durch innere Wahlverwandtschaft oder durch eine gemeinsame höhere Kraft einander genähert zu werden; wenn endlich die Erhaltung des Lebens im Naturlaufe nur auf dem zeitweiligen Zusammentritt von Massen beruhte, die fremd untereinander, auch jetzt sich nur äusserlich zusammenthun, und bald, ohne jemals innerlich verschmolzen worden zu sein, sich wieder in alle Winde zerstreuen, andern überlassend, das ihnen gleichgiltige Kunststück der organischen Vereinigung zu wiederholen: — wenn dies Alles so wäre, würde dann nicht in dem Leben durch und durch jene trostlose

Aeusserlichkeit vorhanden sein, die unser Gemüth als das traurigste Merkmal des Todten eben im Gegensatz zu allem Lebenden empfindet?

101. So vielleicht würden jene Ansichten, denen die Lebendigkeit des Weltalls am Herzen liegt, unsern bisherigen Standpunkt zu bekämpfen suchen. Aber sie würden zugleich versuchen, ihren eigenen entgegengesetzten durch folgende Behauptungen zu befestigen. Sinnlos würde jeder Weltlauf sein, in welchem alles Geschehen nur zwischen den Wesen, nicht aber in ihnen stattfände. Wären die Dinge sämmtlich nur Anknüpfungspunkte für Kräfte, die ihnen durch Begabung inhärirten und sie gegeneinander in neue äusserliche Beziehungen brächten, ohne dass die Dinge selbst die Veränderungen hervorriefen, oder ihre neuentstandene Lage genössen, so würde der Weltlauf nur für einen ausserhalb stehenden Beobachter einen Vortheil gewähren. Denn für ihn allein würde er ein Schauspiel mannigfacher Erscheinungen erzeugen, in dessen Zügen manche gedankenvolle Bedeutsamkeit zu liegen schiene, während die Welt doch, die dieses Schauspiel durch ihre Bewegungen gibt, selbst von ihm weder Leiden noch Genuss haben würde. Deshalb dürfen wir die Dinge nicht als todte Elemente betrachten, die ohne irgend ein Inneres zu besitzen, und ohne von inneren Impulsen getrieben zu sein, nur von äusserlichen Kräften gezogen oder gestossen würden; ihre Wirkungen müssen ihre Thaten sein, nicht Zustände, die ihnen begegnen; ihre Zustände müssen für sie selbst etwas sein, nicht nur für einen Andern, der sie vergleichend beobachtet. Die Ideen, die wir in den Erscheinungen ausgeprägt finden, dürfen nicht nur als unwirkliche Muster über ihnen schweben und ihre Erfüllung durch einen Lauf der Umstände erwarten, der nicht von ihnen ausgeht. Denn als blosse Muster würden sie entweder nur Eigenthum des beobachtenden Geistes sein, der sie in den Erscheinungen zu finden glaubt, oder sie würden überhaupt gar keine Stätte der Wirklichkeit haben; sie müssen deshalb in den Dingen selbst liegen, die zu ihrer Verwirklichung von aussen genöthigt scheinen. Ein Streben zur Production bedeutsamer Erscheinungen muss die Welt durchdringen, Idee und Sein dürfen nicht geschieden gedacht werden, sondern jedes Seiende muss als ein thätiger, strebsamer Gedanke, jede Idee der Natur als

eine thätige Wirklichkeit aufgefasst werden. Diese innere Regsamkeit, diese aus sich selbst herausquellende strebende Bildungskraft ist das, was wir im beseelten Körper, als dem ausgezeichnetsten Beispiele bewundern und für den wesentlichen Zug des Lebens halten; in Wahrheit aber steht diesem einzelnen Beispiele die übrige Natur nicht als todt gegenüber, sondern die gleiche Lebendigkeit durchdringt alle ihre Theile.

102. In diesen Aeusserungen, die wir unsern Gegnern leihen, haben wir mit Absicht die Züge hervorgehoben, durch welche ihre Annahme dem Verlangen unsers Gemüthes Befriedigung zu gewähren scheint. Denn gerade darin, einer poetisch begeisterten Naturauffassung entgegenzukommen, besteht der Reiz, durch den sie stets die Theorie zu neuen Anstrengungen vermag, sie zu vertheidigen und fester zu stellen. Wo aber poetische Ansichten mit der unbefangenen Auffassung theoretischer Erkenntniss in Streit gerathen, pflegt die Ursache des Zwiespaltes nur der falsche Ort zu sein, an welchem der Enthusiasmus der ersteren seine Befriedigung sucht. Die Theorie wäre gewiss vom Uebel, die mit der Zerstörung aller Poesie in der Welt endigte, aber auch die höheren Auffassungen der Dinge, wie man sie oft nennt, sind vom Uebel, die jene Prädicate, deren nothwendiges Vorhandensein in der Welt überhaupt man gern zugesteht, durchaus an Subjecte knüpfen wollen, welche nicht im Stande sind, sie zu ertragen. Zu einem solchen Ergebniss aber wird uns die Untersuchung dieses streitigen Gegenstandes bringen. Das nämlich, was eigentlich diese Ansicht von einer lebendigen Natur wünscht, besteht ja nur darin, dass derselbe Genuss natürlicher Verhältnisse, dasselbe Bewusstsein von dem Werthe der Ideen, die sich in einer Erscheinung verkörpern, dieselbe lebendige Strebsamkeit, die alle zunächst nur einem ausserhalb der Natur stehenden Beobachter derselben zukamen, auch in dem Objecte der Beobachtung, in der Natur selbst als objectives Dasein vorhanden seien. Dadurch allein würde sie von dem Vorwurfe einer todten Existenz befreit. Wenn man nun der Natur etwas zuertheilen will, was sie zuerst nicht zu besitzen schien, so ist dies gewiss nur unter denselben Bedingungen möglich, unter denen das zu Ertheilende anderwärts existiren konnte. Man muss sich entschliessen, die Dinge entschieden ebenso für Seelen zu erklä-

ren, wie der Beobachter Seele war; um diesen Preis können wir in sie hinein verlegen, was zuerst nur unsere subjective, ihnen selbst fremde Auffassungsweise erschien. Denken wir uns die Materie aus psychischen Monaden zusammengesetzt, oder halten wir die wirkenden Elemente der Natur in irgend einer andern Weise für substantielle Seelen, die ein Inneres, dem unserigen analog besitzen, so können wir ihnen nun jedes Bewusstsein ihrer Lage, jedes Streben und jede Thätigkeit unter denselben Bedingungen zugestehen, unter welchen wir selbst dies Alles besitzen. Eine solche Annahme ist möglich; aber unmöglich ist das, was die gewöhnliche Ansicht eigensinnig will, die Anknüpfung aller jener psychischen Prädicate an Subjecte, die nicht vollkommen unter den Begriff geistiger Wesen fallen. Eine Materie, die ohne klare Intelligenz oder mechanische Nöthigung doch das Zweckmässige thäte, die ohne zu empfinden, doch einen Vortheil, einen Genuss oder ein Leiden von ihren wechselnden Lagen hätte, die endlich, ohne wollen zu können, dennoch ein Streben besässe, eine Mannigfaltigkeit von Handlungen nach einander auszuführen, endlich eine lebendige, thätige, sinnreiche Macht, die nicht in den einzelnen Wesen, sondern zwischen ihnen läge und in einer unbestimmbaren Einheit mit ihnen grosse Gebiete von Ereignissen auf einmal lenkte, das Alles sind Vorstellungen, zu denen wir auf keinen Fall zurückkehren können.

103. Allerdings scheinen gerade diese Vorstellungen viel mehr zu leisten, als die, die wir an ihrer Stelle als einen kärglichen Ersatz, wie man sagen wird, für möglich erklärten. Denn wenn jene Naturideen, denen man eine umfassende, ganze Reihen einzelner Substrate beherrschende Kraft zuschreibt, keine Existenz für sich haben sollen, wenn sie vielmehr nur existiren, sofern sie von allen den einzelnen Elementen, die die Natur zusammensetzen, gedacht, empfunden oder als Motive zu Strebungen besessen werden, so bleibt es, dies werden unsere Gegner einwerfen, mit Allem doch eigentlich bei dem guten Willen. Jene Ideen haben dann freilich, anstatt in einem einzigen Beobachter da zu sein, eine unendlich vervielfachte Existenz; aber nur in dem Sinne, dass statt eines einzigen subjectiven Gedankens jetzt Millionen Exemplare desselben in verschiedenen Wesen vorhanden sind; daraus entstehen zwar viele innerliche Welten, aber

wir sehen nicht, dass diese lebendige Regsamkeit die Grenzen eines Wesens überschreitet, und zum verbindenden Bande aller wird. Verknüpfen sich mehrere solcher Wesen zu dem Ganzen eines Organismus, so hat doch noch immer die Idee dieses Ganzen keine eigene Existenz für sich, sie breitet sich nicht, wie man es doch wollte, als eine einzige, den Organismus beseelende und leitende Idee über und durch ihn aus. Die einzelnen Theile wohl mögen von dieser Idee des Ganzen als kleine Spiegel des Organismus mehr oder weniger empfinden, das Ganze selbst aber bleibt ein Aggregat derselben, hat kein Inneres für sich, weiss sich nicht, empfindet sich nicht, und besitzt keine eigene individuelle Kraft zu wirken; seine Macht ist stets nur die bewusstlose Resultante der Kräfte, welche die einzelnen Theile ausüben, deren innerliche Regsamkeit uns nicht für die fehlende Lebendigkeit des Ganzen entschädigt. Ich hoffe in dieser Darstellung den wesentlichsten Punkt aufgezeigt zu haben, in welchem die von uns bekämpfte Ansicht sich nicht durch unsere Auffassung für befriedigt halten wird. Sie wird sich dennoch damit begnügen müssen, denn an eine andere Lebendigkeit als diese, ist in keiner endlichen Naturerscheinung zu denken. Wo überall die Natur Gebilde aus einzelnen selbständig existirenden Theilen zusammenfügt, da kann das Ganze nie eine andere, als diese aus den Theilen resultirende Kraft besitzen; ein neues Subject, dem sie als einer Einheit zukäme, kann durch das Zusammenwirken der Theile nicht mit entstehen, noch kann das Ganze, ausser dass es in der Summe der Theile besteht, noch ein eignes Dasein für sich besitzen. Wer jedoch die Elemente der Natur nicht als ewige, ursprungslose und selbständige Wesen, sondern als Erzeugnisse eines einzigen unendlichen Wesens betrachtet, das in sie hinein sich fortsetzt und durch seine Wirklichkeit auch die ihre begründet, der hat an diesem Gedanken eine substantielle Einheit der Welt, die ihm auch den letzten seiner Wünsche befriedigen kann. Denn in diesem allumfassenden Wesen würden auch die Ergebnisse, die aus der Wechselwirkung seiner einzelnen Erscheinungselemente hervorgehen, die Ideen, die durch sie realisirt werden, in ihrer Ganzheit eine lebendige Existenz besitzen. Sie würden in diesem absoluten Geiste nicht nur als Gedanken, sondern auch als thätige, strebende Kräfte

vorhanden sein. Aber auf diese weit von unserm Gegenstande abliegenden Untersuchungen hier einzugehen, hindert uns eine nahe liegende Betrachtung, durch die wir die etwas auseinander gehenden Fäden dieser Ueberlegungen zu ihrem Schlusse zusammenfassen müssen.

104. Sehen wir die Elemente der Natur als geistige Wesen an, so können wir, behaupteten wir oben, ihnen eine innere Lebendigkeit unter denselben Bedingungen zugestehen, unter denen wir selbst sie besitzen. Aber diese Bedingungen werden häufig misskannt, und wir schreiben uns Fähigkeiten zu, die uns in der That abgehen, und zwar am meisten in Beziehung auf die Kraft, die wir uns zutrauen, nach aussen zu handeln und die umgebende Welt zu gestalten. Man muss sich nicht die Täuschung machen, als reichte der Wille über den hinaus, der ihn hat, oder als vermöchte unser Thun allein eine Wirkung ausser uns zu erzeugen. Wenn wir unsere Glieder mit Absicht bewegen, ist doch die Absicht allein dasjenige, was wir aus uns selbst erzeugen können; dass aber ihr, als einer inneren Veränderung in uns, die wirkliche Bewegung der Glieder folgt, dies geschieht nur, weil Naturgesetze, die von unserer Absicht unabhängig sind, mit ihr die entsprechende Veränderung unserer körperlichen Substrate verknüpft haben. In dem Willen allein liegt nicht die genügende bewirkende Kraft der Bewegung, sondern nur eben die des Wollens; dass mit dem Wollen ein Vollbringen verknüpft ist, ist ein Geschenk des allgemeinen Naturlaufes, der auf dieses Ereigniss in uns ein anderes ausser uns folgen lässt. Unsere Handlungen sind die nothwendigen Folgen, welche allgemeine Gesetze an unsern Willen knüpfen. Dies scheint freilich auf den ersten Anblick eben das Gegentheil alles Handelns, ein blosses Geschehen. Wir pflegen vorauszusetzen, dass jede wirkende Substanz allein aus sich heraus die Veränderung eines Objectes erzeuge, so dass dies dem Einflusse des Wirkens nur still zu halten hätte, nirgends aber ein neues Element hinzutreten müsste, um das Streben der wirkungsbegierigen Substanz zu erfüllen. Eine weitere Ueberlegung würde indessen bald zeigen, dass ein solches Herausgreifen einer Substanz in die andere ein überall unmöglicher Gedanke ist, und dass in dem Augenblicke einer Anstrengung zu handeln, wo wir geradezu den Schwung

zu fühlen glauben, mit dem unser Einfluss auf die Objecte übergeht, um sie zu verändern, wir doch in der That nur unseren Willen, also eine innere Veränderung unserer eigenen Zustände empfinden. Wollen wir deshalb auf jene Ansicht eingehen, welche allem Natürlichen eine innere Regsamkeit zuschreibt, so werden wir doch anderseits diese Regsamkeit auch ernstlich nur als eine innere betrachten müssen, welche die Grenzen jedes Wesens nicht überschreitet; der ganze Verlauf der Naturerscheinungen dagegen, die in den mannigfachen Gegenwirkungen dieser Wesen bestehen, wird unwandelbar den allgemeinen nothwendigen Gesetzen, die wir früher geschildert, unterthan bleiben, nicht anders, als wenn jenes Innere überhaupt nicht vorhanden wäre. Verhält es sich nun so mit allen endlichen Wesen, so ändert auch die Annahme eines allesumfassenden und durchdringenden allgemeinen Geistes dies Verhältniss in unserem Sinne nicht. Denn da wir voraussetzen, dass die schaffende Kraft desselben sich eben in jenen Gesetzen des Naturlaufes selbst unveränderliche Normen ihres Wirkens gegeben hat, so wird auch ihr Einfluss auf die Ereignisse sich stets in die Form eines Wirkens von Theil zu Theil kleiden müssen. So lässt sich die Forderung einer Lebendigkeit der Natur mit dem Ganzen unserer früheren Festsetzungen verbinden.

105. Wir blicken jetzt auf den Zusammenhang dieser Betrachtung zurück. Eine Ansicht, die von wahren und ernsten Bedürfnissen des Gemüths ausging, versuchte nachzuweisen, dass in der Natur keine Trennung zwischen einem Reich des Lebens und einem Gebiete des Todten stattfinde, dass vielmehr der Gesammtheit des Seienden das Leben inwohne, welches wir an den organischen Wesen nur als an seinem ausgezeichnetsten Beispiele bewundern. Den wesentlichsten Zug der Natur des Lebens aber fand jene Ansicht in der inneren Regsamkeit, durch welche Eindrücke von aussen zu dem Ganzen eines inneren Zustandes, eines Leidens oder Genusses zusammengefasst werden und aus welcher umgekehrt eine Fülle innerer Antriebe sich mit der Einheit eines Planes wirkend in eine Mannigfaltigkeit äusserer Gestaltungen ergiesst. Dieser wesentliche Character der Lebendigkeit nun sollte nach der Meinung dieser Ansicht nicht ein unterscheidender Besitz des Organischen, sondern ein Gemeingut

alles Vorhandenen sein. Unsere Betrachtung hat zu zeigen versucht, dass eine solche Innerlichkeit allerdings sich als allgemeine Grundbestimmung alles Daseins fassen lasse, aber mit der wesentlichen Beschränkung, dass ihr jene übergreifende Macht nicht zukommt, mit der sie aus sich selbst in die äussere Welt hinübergreifend ein hinlängliches Princip zur Begründung einer ganzen zusammenhängenden Entwicklung sein sollte. Wir stimmen deshalb darin allerdings mit dieser Ansicht überein, dass wir einen absoluten Unterschied zwischen Lebendigem und Todtem nicht zugeben, indem innerliche Regsamkeit Allem in der Natur, unbedingte Macht aber, ihr äusserlich Geltung zu verschaffen, keinem Wesen zukommt. Aber wir müssen im Interesse unseres Gegenstandes noch eins hinzufügen. Indem jene Ansicht das, was sie der ganzen Natur zuertheilen wollte, mit dem Namen des Lebens bezeichnete, deutete sie an, dass sie diesen Vorzug am ausgebildetsten in dem Kreise des organischen Daseins finde, und von da ihn auf das Unorganische überzutragen wünsche. Aber gerade dem, was wir in engerem Sinne organisches Leben nennen, kann jene Concentration der Zustände und der Kräfte zu einer innerlichen, untheilbaren Einheit am wenigsten zugestanden werden. Gerade in ihm sehen wir eine Form des Daseins und Wirkens, die nur einer Gemeinschaft vieler zusammensetzender Theile zu eigen gehört. Jeder von diesen Theilen mag, wie wir früher als möglich zugestanden, alle Vorgänge, die sich im Ganzen ereignen, auf seine Weise percipiren, und so das Ganze in sich zu einer zusammenhängenden Existenz bringen; jeder mag nach Massgabe dieser Summe seiner inneren Zustände auch zurückwirken, und dadurch dem Ganzen, wie er es gefasst hat, auch eine Art wirkender Existenz verschaffen; aber ein eigenes Dasein neben den Theilen wird das Ganze des Organismus nie erreichen, und kein einzelner Theil wird die vollständige Ursache aller Lebenserscheinungen sein. Wenn die Ansicht, deren wir gedacht haben, wesentlich darauf ausgeht, alle Zustände, die einer Substanz widerfahren und alle Wirkungen, die sie ausübt, zu sammeln und zu verflechten und die Summe aller dieser Fäden der Entwicklung in die Hand einer einzigen die Substanz beseelenden Kraft oder Idee zu legen, so hat dies Bemühen wohl einige Hoffnung auf Erfolg, wo es

in der That sich um einfache Substanzen handelt, aber keine gerade bei den Formen des Daseins, die wir im engeren Sinne Leben nennen. Sie sind gar nicht Entwicklungsweisen eines einzigen Subjects, sondern einer Gesellschaft, nicht dem Dasein eines einzelnen Menschen, sondern dem eines Staates vergleichbar. Pflanzen und Thiere konnen wir in dieser Hinsicht nur als Colonien unbestimmt vieler Elemente betrachten, aus deren Natur sich gewisse nothwendige Formen des Zusammenseins entwickeln. Von diesen gesellschaftlichen Zuständen hat jedes Element, um in diesem Gleichniss fortzufahren, seine Anschauung, seinen Genuss, und findet in ihnen Motive zu bestimmten Rückäusserungen; es fehlt mithin dem allgemeinen Geiste, der die Gesellschaft beseelt, nicht an einer Existenz; aber er hat sie in den einzelnen Elementen, welche jene zusammensetzen, nicht so, dass er neben und zwischen ihnen als eine besondere persönliche Einheit bestände und die Wechselwirkungen derselben regelte. Durch die Mannigfaltigkeit seiner Bestandtheile und seiner Erscheinungen ist das organische Leben eines der auffallendsten Beispiele dieser Existenz eines idealen Inhalts durch die Vermittlung vieler zusammenstimmender Ursachen, und weit entfernt, dass man von ihm aus die Eigenschaft einer individuellen inneren Bildungskraft und Regsamkeit auf die übrige Natur übertragen konnte, besitzt es eine solche vielmehr am allerwenigsten.

106. Bei der Bekämpfung dieser Ansicht haben wir daher zwar Gelegenheit gehabt, irrige Vorstellungen über die Natur des Lebens zurückzuweisen, für seine Unterscheidung aber von anderen Naturprocessen ist hierdurch noch nichts geschehen. Und doch wird innerhalb der Gleichheit der Principien, auf welche hier das organische Leben mit dem Unorganischen zurückgeführt ist, eine solche Trennung durch unsere Aufgabe gefordert. Wir haben nur eine weitere Bedeutung des Namens Leben kennen gelernt, innerhalb welcher die engere zu suchen ist, die das organische leibliche Leben ebensowohl von jedem blos physikalischen Kreise von Ereignissen, als von jedem blos geistigen Beispiele innerer Regsamkeit abscheidet. Diese wollen wir im Folgenden aufsuchen. Es lohnt hierbei nicht der Mühe, anders als im Vorbeigehen zu erwähnen, dass wir unter Leben nur diejenige Form einer Verknüpfung von Zuständen und Thätigkeiten verstehen

werden, welche dem Ganzen eines abgeschlossenen Organismus eigen ist. Dass neben dieser Bedeutung des Wortes noch viele andere weitere und engere vorkommen, ist bekannt, und es würde pedantisch sein, sie dem Sprachgebrauch rauben zu wollen, da bei klarer Einsicht in die Sache die Vieldeutigkeit eines Wortes keine ernstliche Schwierigkeit der Erkenntniss ist. So mag man auch vom Leben einzelner Theile eines organischen Körpers, so vom Leben der festen und der flüssigen Bestandtheile sprechen, wenn man darunter nichts anderes versteht, als die bald einfache und monotone, bald bei grösserer Zusammensetzung combinirtere und mannigfaltigere Wirkung, die jeder Theil vermöge seiner physischen Beschaffenheit in seinen Beziehungen zu andern ausübt, und durch welche er seinen Beitrag zur Begründung jener Totalentwicklung des gesammten Organismus gibt, der wir den Namen Leben allein vorzubehalten vorziehen.

§. 13.

Von dem Bau der organischen Systeme.

107. Eine genau zutreffende Definition des Lebens zu geben, ist in früheren Zeiten für eine der wichtigsten Aufgaben angesehen, und überaus zahlreiche Versuche, sie zu lösen, sind gemacht worden, ohne doch alle Einwürfe gegen eine zu weite oder zu enge Fassung derselben zu vermeiden. Es liegt in der Natur der Sache, dass Zeiträume, die aus Mangel an umfassender Kenntniss der Einzelheiten auf Betrachtungen über das Allgemeine angewiesen sind, einen etwas zu grossen Werth auf die Vollendung des äusserlichen formellen Ausdrucks ihres Gegenstandes legen, so wie es umgekehrt sehr natürlich ist, dass in unsern Tagen bei dem unglaublichen Anwachs wissenswürdiger Einzelheiten die Aufmerksamkeit sich von solchen Versuchen immer mehr zurückzieht, und ihnen einen allzu geringen Werth beimisst. Im Allgemeinen freilich kann eine Wissenschaft, der es nicht auf Namen, sondern auf die Erklärung des Zusammenhangs der Sache ankommt, häufig das Grösste leisten, auch ohne dass ihr Gegenstand ihr anders als in ziemlich schwankender Begrenzung gegen Benachbartes vorschwebt; in der Physiologie indessen, deren Irrthümer meist aus dem Zweifel entstehen, ob eine ge-

wisse Gruppe von Erscheinungen eigenthümliche, oder mit der übrigen Natur gemeinsame Principien besitze, scheint eine deutlichere Umgrenzung ihres Objectes von grösserer Wichtigkeit zu sein. Wir widmen deshalb dieser Definition des Lebens einige Worte, ohne jedoch historisch oder kritisch die zahlreichen Versuche, die hier gemacht worden sind, aufzuführen. Für unsere Betrachtung sind die Grenzen, innerhalb deren sie sich hier mit einigem Vortheil bewegen kann, durch das Frühere eng begrenzt, und es könnte keinen Nutzen gewähren, Versuche zu Begriffsbestimmungen zu erwähnen, deren irrthümliche Voraussetzungen zu vertilgen unsere vorangehenden Ueberlegungen bemüht waren. Für uns kann der unterscheidende und characteristische Zug des Lebens nur noch in der eigenthümlichen Combinationsweise bestehen, in der wir in ihm die allgemeinen Wirkungsmittel des Naturlaufs verknüpft finden, und in der wesentlichen Idee, die sich in den Erzeugnissen dieser Verbindung ausspricht. Zuerst nun jener Benutzungsweise der physischen Mächte gedenkend, wollen wir diejenigen Eigenheiten des organischen Lebens verzeichnen, die es nicht nur von dem unorganischen Naturlauf abtrennen, sondern uns auch zugleich positiv einige Blicke in seinen wesentlichen inneren Zusammenhang verstatten. Denn nach so Vielem, was wir bereits vorausgeschickt haben, könnte eine Definition nicht mehr von Werth sein, welche durch irgend welche Mittel nur diagnostisch das Leben von jeglicher andern Erscheinung unterschiede; sie muss es vielmehr durch solche Merkmale thun, die sich unter einander zu dem zusammenhängenden Ganzen eines constitutiven Begriffes vereinigen lassen, aus dem sich rückwärts, wenn nicht vollständig, so doch in einiger Ausdehnung die einzelnen Erscheinungen des Lebens wieder ableiten lassen.

108. Die meisten unorganischen Körper erscheinen uns überwiegend in dem Zustande der Ruhe, aus dem sie nur durch fast überall nachweisbare äussere Einflüsse zu Bewegungen und zu Veränderungen ihrer Gestalt und Eigenschaften aufgeregt werden; die Organismen dagegen zeigen sich ebenso überwiegend in einem Zustand der Bewegung, der seltner durch einzelne Intervalle der Ruhe, und zwar nie einer nachweisbar vollständigen unterbrochen wird. Diese Bewegung ist zugleich keine re-

gellose; auch die oberflächlichste Beobachtung wird vielmehr von der Festigkeit überrascht, mit der ein gewisser Plan der Bildung und Entwicklung in allem ihren Wechsel festgehalten wird. Aus diesen Bemerkungen entspringt der Versuch, das Lebendige durch eine immanenten Gesetzen folgende, und von seinen eigenen Kräften ausgeführte Entwicklung von dem Unlebendigen zu trennen, das nur durch äussere Einflüsse in vorübergehende Veränderungen seiner Lage gebracht werde. Wie unwahr und ungenau eine solche Definition sein würde, bedarf keiner ausführlichen Erinnerung. Wir wissen, dass Organisches und Unorganisches gleich nothwendig in seiner Veränderung durch äussere Reize bestimmt wird, und dass beides die Form der Zustände, die hieraus entspringen, durch die immanenten Gesetze seiner eignen Natur mitbestimmt; ein Mehr oder Minder nach der einen oder andern Richtung schiene mithin die einzige diesem Satze zuzugestehende Thatsache. Bei näherer Betrachtung führt er jedoch auf wichtigere Verhältnisse. Richten wir unsere Aufmerksamkeit auf ein einfaches chemisches Element, z. B. das Quecksilber, so können wir von ihm sagen, dass es in seinem gewöhnlichen tropfbarflüssigen Zustande mit den äussern Bedingungen, die auf es einwirken, in einem ruhigen Gleichgewicht ist. Die Fortdauer dieser Bedingungen ruft keine fortschreitenden Veränderungen seines Zustandes mehr hervor. Eine Erniedrigung der Temperatur nöthigt es zu solchen, und seine Molecularkräfte finden unter diesen neuen Verhältnissen nur durch Erzeugung eines festen Aggregatzustandes wieder ein Gleichgewicht, ein drittes bei Erhöhung der Temperatur nur in der elastisch flüssigen Form des Gases. Zwischen diesen äussersten Punkten liegen stetige Uebergänge der Verdichtung und Verdünnung. Mit dem Wechsel der äussern Zustände ändert sich also die äussere Form, das specifische Gewicht, und in andern Beispielen noch manche andere Eigenschaft der chemischen Elemente, so dass von der Beschreibung, die unter Voraussetzung einer gewissen Reihe äusserer Bedingungen auf sie passt, wenige Kennzeichen tauglich sind, um ihre Natur unter anderen Verhältnissen zu bezeichnen. Dennoch erhält sich in diesem Wechsel der Erscheinung die Identität der Elemente; widerrufen wir die äussern Reize, die sie in eine von ihrer gewöhnlichen abweichende Form brach-

ten, so kehrt diese zurück; durch einen Wechsel von Temperaturen lässt sich ein Metall unendlich oft aus einem Aggregatzustand in den andern drängen, büsst dabei stets eine Menge seiner früheren Eigenschaften ein, erlangt neue, verfehlt aber nie bei der Umkehr der Bedingungen auch wieder in seine früheren Zustände umzukehren, und gleitet aus dieser geschlossenen Kette von Veränderungen niemals in ein anderes Gleis über; stets bleibt das Silber Silber, das Gold Gold. Dieser Zusammenhang von Ereignissen bietet mehrere merkwürdige Vergleichspunkte mit der organischen Entwicklung dar. Wir sehen in ihm, wie in dieser, eine gewisse Constanz durch alleu Wechsel hindurch. In beiden Fällen, kann man sagen, ist der Wechsel selbst nur durch äussere Bedingungen herbeigeführt; wenn das Metall Zeiten der Ruhe hat, der Organismus nicht, so rührt dies daher, dass auf den letztern zwar, nicht aber auf das erste beständig Reize einwirken, welche sein Gleichgewicht stören. Wir wollen dies zugeben, obgleich durchaus unerweisbar ist, dass die Veränderungen der Organismen stets äusserer Impulse bedurften, und nicht zum Theil mindestens auch aus einem ein für allemal bestehenden und nicht zu heilenden inneren Ungleichgewichte ihrer Bestandtheile hervorgehen. Allein wenn wir auch diesen Satz zugeben, so würden diejenigen seinen Inhalt zu gering anschlagen, die in ihm keinen wesentlichen Unterschied des Organischen und des Unorganischen finden wollten. Das eben, dass es für unorganische Körper Momente im Naturlauf gibt, in denen sie mit allen äusseren Bedingungen im Gleichgewicht sein können, und zur Veränderung ihres Zustandes eine Veränderung der Umstände voraussetzen, scheidet sie auf eine höchst bedeutungsvolle Weise von den lebendigen Organismen ab, deren Inneres so angeordnet ist, dass sie niemals im allgemeinen Naturlauf einen Moment völligen Gleichgewichts mit den äusseren Bedingungen finden können.

109. Es scheint mir nothwendig, den Verlauf unserer Betrachtungen durch eine Zwischenbemerkung zu diesem Punkte zu unterbrechen. Die Züge, welche wir zu einem Begriffe des Lebens zusammenstellen wollen, können wir, da sie nur in eigenthümlichen Combinationsweisen physischer Kräfte bestehen sollen, lediglich der Erfahrung entnehmen. Da jede Erfahrung Möglich-

keiten entgegengesetzter Fälle übrig lässt, wird unser ganzes Unternehmen, wie überhaupt jede Definition des Lebens, nur einen hypothetischen Werth haben, der allein durch fortgesetzte Vergleichung mit den Thatsachen bestätigt werden kann. Dies ausdrücklich zu bemerken, finden wir Veranlassung, weil allerdings die Eigenthümlichkeit, die wir dem organischen Leben zuschreiben, keine streng beweisbare ist. Gleichwohl wüssten wir, so weit das Gebiet der Beobachtung reicht, nur einen Fall anzugeben, wo sie sich nicht fände, nämlich das latente Leben keimfähiger Pflanzensamen. Gewiss ist es zwar, dass in vielen Fällen auch diese Lebensfähigkeit, um sich zu erhalten, eine gewisse Wechselwirkung mit der äussern Welt und somit auch eine innere Bewegung, welcher Art auch immer, voraussetzt; aber in Getraidesamen, die wir keimfähig aus Mumiengräbern Aegyptens erhalten, würde Niemand mit einiger Wahrscheinlichkeit eine Wechselwirkung mit aussen annehmen, die Jahrtausende gedauert habe, ohne den Keim völlig aufzulösen. Geben wir daher zu, dass in dem Samen, in den sich das organische Leben ja eben zu dem Zweck künftiger Wiederentfaltung zurückgezogen hat, ein Moment jenes sonst vermissten Gleichgewichts mit allen äusseren Bedingungen zuweilen möglich sei. Die Bedeutung der von uns angeführten Eigenthümlichkeit verliert hierdurch wenig. Denn allem übrigen organischen Leben gegenüber nimmt der Same allerdings eine besondere, obgleich nicht mysteriöse Stellung ein. Sein Dasein mit dem Namen des Lebens zu bezeichnen, nehmen wir billig Anstand, so lange jede Entwicklung ihm noch fehlt; er ist eine vorhandene physikalische Masse, deren Theile in Verhältnissen stehen, aus denen ein hinzukommender Anstoss eine gewisse Form von Bewegungen hervorrufen muss; wir können ihn nicht lebend, aber lebensfähig nennen, auch dies freilich nur mit dem eigenthümlichen Widerspruch, der in allen ähnlichen Worten vorkommt; er ist nur fähig zu leben, wenn er anders wird. Nur Theorien, welche das Leben, das überall nur eine Summe von Bewegungen ist, die sich an schon vorher vorhandene Substrate knüpfen, für eine eigenartige Substanz halten, und es deshalb nur durch beständige Tradition in der Welt bestehen lassen, können daran Anstoss nehmen, dass das, woraus das Leben wird, selbst noch nicht lebendig sein

soll. Allerdings wird man uns höhnend einwerfen, dass wir aus dem Todten, aus der Leiche das Lebendige hervorgehen lassen; aber läge diesen Einwürfen auch nicht die so grobe logische Verwechselung des Todten mit dem einfach nicht Lebenden zu Grunde, so würde uns auch dann der Ungestüm dieser grossen Worte nicht schrecken; denn warum sollte nicht aus dem Todten ebensowohl das Lebende hervorgehen, als aus diesem das Todte? Doch genug des Streites gegen wissenschaftliche Sentimentalität.

110. Man wird uns ferner einwerfen, dass unsere Behauptung selbst im Falle ihrer Richtigkeit doch nur eine secundäre Eigenschaft des Lebens hervorhöbe, die lediglich seiner Beziehung zu der äussern Umgebung entspringend, mit der Veränderung dieser Umgebung sich ändern würde. Wäre der Gang des Naturlaufes ein anderer, so würden auch für die lebendigen Geschöpfe vielleicht Ruhepunkte völligen Gleichgewichts in sich selbst und mit den äussern Bedingungen eintreten können. Wohl ist dies möglich; denn für jedes bewegte System bleibt immer irgend eine künstliche Lage der umgebenden Umstände denkbar, durch die es ohne Störung seiner Bewegungsfähigkeit doch in seiner Bewegung aufgehalten wird. Aber wesentlich ist eben dies, dass diese Lage der Umstände nicht eintritt. Es ist Zeit, dass auch wir uns einmal auf den Zusammenhang des organischen Lebens mit dem Ganzen der Natur berufen. Auch wir können bei seiner Begriffsbestimmung nur den Zweck haben, die Stellung, die es im Ganzen einer wirklich vorhandenen Natur einnimmt, durch ihre wichtigsten Züge zu bezeichnen. Wer über solche thatsächliche Verhältnisse hinweggeht, weil sie nur auf einer zufällig vorhandenen Einrichtung der Natur beruhten, durch eine andere Einrichtung aber wegfallen würden, spricht von Dingen, die der Wissenschaft nothwendig ganz gleichgiltig sein müssen. Denn wer vermöchte zu enträthseln, was alles möglich oder unmöglich wäre in einer Welt, die nicht ist? Dass eben die Organismen Geschöpfe sind, zum Leben in einer Welt bestimmt, mit deren Naturlauf sie sich nie in ein dauerndes Gleichgewicht zu setzen vermögen, muss uns deshalb als ein bedeutungsvoller Zug ihres Wesens erscheinen, dem die folgende Betrachtung manche Folge abzugewinnen, manche verwandte Bestimmung beizufügen finden wird.

111. Zu einer solchen gibt uns sogleich die Fortsetzung jenes Vergleichs zwischen den Veränderungen eines Metalls und denen der Organismen Veranlassung, und zwar durch zwei unter einander zusammenhängende Punkte. Jedes Element erleidet durch äussere Einflüsse zwar eine gewisse Veränderung, aber diese hält ein, wenn sie einen gewissen neuen Zustand erreicht hat: es bedarf dann neuer Einwirkungen, um sie weiter zu steigern. Die Temperatur des Schmelzpunktes bringt ein Metall zum flüssigen Zustand; aber ihre Fortdauer nicht bis zum gasförmigen, hierzu bedarf es neuen Wärmereizes. Anderseits haben wir gesehen, dass ein Element sich aus einem Zustand in den andern, aber auch aus diesem in den ersten zurückbilden lässt; es gibt keine Entwicklung in ihm, deren Glieder in ihrer Ordnung unvertauschbar wären. Von beidem findet das Gegentheil in organischen Körpern Statt. So lange sie leben, sehen wir sie nie gegen die Fortdauer desselben Reizes gleichgiltig werden; während ein Metall bei gleichem Wärmegrad sich gleich bleibt, erzeugt der langdauernde Einfluss derselben Temperatur, derselben Feuchtigkeit, der gleichen Helligkeit und des gleichen Luftzutrittes in dem organischen Körper eine unablässige Entwicklung, die nur endet unter Umständen, wo jede Beweglichkeit und Wirksamkeit seiner Massen, wie in den tiefsten Frosttemperaturen, erlischt. Nie geht ferner ein Organismus aus der ausgebildeten Gestalt, die er erworben, in die kleineren Dimensionen seines Keimes zurück; jedes Stadium der Entwicklung hat in dem Ganzen derselben seine bestimmte unverrückbare Stelle, und wenn wir auch, in Bezug auf den thierischen Körper namentlich, von einem Zeitraum der Rückbildung oder Involution sprechen, so sind doch die Vorgänge, welche ihn anfüllen, weit entfernt, die Umkehrung jener zu sein, aus denen die Organe des Körpers entstanden. Auf ganz anderen Wegen wird vielmehr hier der Bestand des Leibes zurückgebildet, und zwar einem andern Ziele zu; nicht zu den Formen, die er früher besass, sondern zu Zerstörungsformen, die nur für eine oberflächliche Betrachtung eine verschwindende Organisation mit einer noch nicht ausgebildeten verwechseln lassen. Diese Eigenthümlichkeit des Organischen hängt offenbar mit jener Eigenschaft zusammen, die es nie ein Gleichgewicht mit den äussern Bedingungen finden lässt, andern-

theils aber auch damit, dass der Naturlauf solche Wechsel von Umständen nicht besitzt, wie sie nöthig wären, um das einmal entfaltete Resultat der früheren wieder in seine vorige Gestalt zurückzubringen. Für einen Augenblick erscheint uns hier die Constanz des Metalles in dem Wechsel seiner Zustände grösser als die des Organismus in seiner Entwicklung, anderseits ist sie von niederer Art; sie hält eine Summe von Eigenschaften unverlierbar oder wenigstens wieder auffindbar fest, während das organische Leben die einzelnen Momente der Vergänglichkeit preisgebend, nur den Sinn ihrer ganzen Reihenfolge bewahrt.

112. Das Metall musste warten, bis im Laufe der Veränderungen in seiner Umgebung Einflüsse eintraten, die ihm eine neue Form aufnöthigten; der Organismus besass in sich selbst sowohl ein Gesetz der Aufeinanderfolge seiner Entwicklungsstufen als auch einen innern Antrieb ihrer Verwirklichung, obgleich äusserer Begünstigungen dazu nicht unbedürftig. Diese Eigenschaft scheidet ihn jedoch noch nicht von allem unlebendigen Geschehen. Schon oft hat man auf die Bewegungen der Planeten hingewiesen, in denen wir ebenfalls eine Reihenfolge von Formenveränderungen des ganzen Systems auftreten sehen, deren Gesetz und verwirklichender Antrieb jedes äussern Einflusses unbedürftig in der Verbindungsweise des Systems selbst liegt. Jede Pendelbewegung bietet ein ähnliches Beispiel, das zwar an Reichthum und Mannigfaltigkeit der Erscheinungen unvergleichbar hinter dem Leben zurücksteht, aber doch unleugbar ebenfalls ein immanentes Princip für die Form und Aufeinanderfolge der Ereignisse besitzt, von aussen aber nur störende, nicht begünstigende Einflüsse erleidet, die einzige Beziehung der Schwere ausgenommen, die den Grund des ganzen Phänomens bildet. Um das, was gegen diese Erscheinungen den Unterschied des Lebens bildet, aufzufinden, müssen wir zuerst noch eine andere Uebereinstimmung hervorheben. In dem Planetensystem wie am Pendel ist die Fortdauer der Bewegung durch eine beständige Hemmung realisirt, die der Kraft, von welcher die Bewegung ausgeht, ihre vollständige Befriedigung versagt. Ruhend könnte sich das Planetensystem in seiner Form nicht erhalten, nur die einmal mitgetheilte Geschwindigkeit erlaubt den Himmelskörpern, der concentrirenden Kraft der Schwere zu entgehen und in sich

zurückkehrende Bahnen zu beschreiben; die Schwingungen des Pendels werden nur durch den Widerstand des gespannten Fadens möglich, der sowohl die Schwere als die entstandene Schwungbewegung verhindert, den aufgehängten Körper fortzuführen. Einzelne organische Stoffe nun mögen wohl so construirt sein, dass sie in völliger Ruhe fortbestehen können; von dem Ganzen eines Organismus dagegen gilt wie bei dem Planetensysteme die Behauptung, dass die Bedingung seiner Selbsterhaltung nur in unablässiger Bewegung bestehe. Seine Bestandtheile sind nicht so zusammengefügt, dass sie unter den Bedingungen, die der Naturlauf darbietet, jemals in Ruhe gegen einander kommen könnten, ohne dadurch sogleich die Fähigkeit zur weitern Begründung des Lebens zu verlieren. Auch wenn keine äussern Einflüsse mit positiv aufregender Kraft Veränderungen in ihren gegenseitigen Beziehungen hervorbrächten, würden die schon im Keime angelegten Beziehungen selbst schon hinreichen, um ein Spiel von Bewegungen zu beginnen, dessen Dauer allein die Theile in Verhältnissen erhält, die zur Erregung von Lebenserscheinungen nöthig sind. Auf einer solchen Zusammenstellung der Theile, auf einem solchen abgemessenen inneren Widerstreite der Kräfte beruht überall für ein System von Massen die *Möglichkeit*, eine vorausbestimmte Reihenfolge von Zuständen zu durchlaufen. Stets muss entweder der Beharrung, die jede Bewegung monoton ins Unendliche zu verlängern strebt, und dadurch jede Entwicklung verhindern würde, ein innerer Widerstand entgegengesetzt sein, der allmählich in neue Bahnen ablenkt, oder es muss einer Kraft, die zu schnell zu einem ruhigen Resultate führen würde, umgekehrt durch jene Beharrung eines ursprünglichen Bewegungszustandes begegnet werden.

113. Auf der Grundlage dieser gemeinsamen Einrichtung unterscheidet sich doch das Leben von jenen physikalischen Processen, und zwar nicht allein durch die unendliche Complication der Erscheinungen, mit der es dem einfachen Planetenlauf gegenübersteht. Die Bewegungen der Planeten geschehen an gleichbleibenden Körpern, die weder Veränderungen ihrer Masse erfahren, noch Schwankungen ihrer Kräfte, und deren übrige Verwandlungen, die sie nach Analogie unserer Erde erleiden mögen, ohne Einfluss auf die Gestalt und Fortdauer ihrer Bewegungen

sind. Organisches Leben dagegen ist stets mit Massenzunahme des Systems, und mit Wechsel einzelner Bestandtheile verbunden. Dieser Unterschied scheint uns nun keineswegs allein eine Verschiedenheit der Objecte oder Substrate zu sein, auf die jene allgemeinen Bewegungsformen angewandt werden, sondern umgekehrt auf ein verschiedenes Princip in der Combinationsweise der Kräfte hinzudeuten, auf der das gesammte Bewegungsspiel beruht. Abgesehen von allen den Störungen, welche aus der gegenseitigen Einwirkung der Planeten hervorgehen möchten, ist eine wesentliche Bedingung für die Stabilität des Planetenlaufs die fortdauernde Identität der zusammenwirkenden Massen und ihrer Kräfte. Könnte die absolute Intensität der Schwerkraft sich plötzlich ändern, und demgemäss für verschiedene Entfernungen der Himmelskörper neue von den bisherigen verschiedene Werthe annehmen, oder vergrösserte sich die Quantität der Materie im Systeme, so würde jedenfalls die Form seiner Bewegung beträchtliche Veränderungen erfahren. Abgeschlossenheit von den Einflüssen der übrigen Welt gehört daher zu den nothwendigen Bedingungen, unter denen dieses Bewegungsspiel des Planetensystems eine wirklich ewige und unveränderte Dauer zu erreichen vermag. Diese Bedingung ist freilich nur annähernd gegeben, aber so gross ist doch die Unabhängigkeit des Planetenlaufs von der übrigen Welt, dass er in dem kurzen Zeitraum menschlicher Erfahrung stets als ein Beispiel unveränderlicher Constanz im mannigfachsten Wechsel erscheint. Ganz anders die Organismen. Sie stehen nicht blos der Aufgabe ihres Lebens gemäss, als Massensysteme, die mit sich selbst im Gleichgewicht sind, noch ausserdem in einer fortwährenden Beziehung zur äussern Welt, so dass sie Stoffe, Bewegungen, Reize und Einflüsse aller Art aus ihr in sich aufnehmen und sie mit ihrer Entwicklung verschmelzen, sondern ihre Stabilitätsbedingung scheint vielmehr die Nichtidentität der Massen und Kräfte zu sein. Der organische Körper enthält nicht eine solche Zusammenordnung der Theile, dass aus ihr allein, unter Abhaltung der übrigen Welt ein harmonisches und geordnetes Spiel von Bewegungen hervorgehen könnte, sondern darin ganz unähnlich dem Planetensystem sind seine inneren Verhältnisse so geordnet, dass sie sich selbst überlassen, sich zerstören würden, und nur durch beständige Veränderung

der Massengrösse, der chemischen Zustände und damit der verfügbaren Kräfte der Theile in einer bestimmten und regelmässigen Richtung der Entwicklung festgehalten werden.

144. Diese Behauptung kann ebenso willkührlich, als der wahren Würde des Lebens entgegengesetzt erscheinen. Denn was nöthigt uns zuerst, eine innere Unstabilität des organischen Systems anzunehmen anstatt einer blossen Wechselwirkung des an sich stabilen mit der äussern Welt? Ich glaube, dass uns hierzu die Unmöglichkeit des letztern Gedankens selbst nöthigt. Ist ein fortwährend bewegtes System mit sich selbst im Gleichgewicht, d. h. besitzt es die hinlänglichen Bedingungen für die Fortdauer einer geregelten Bewegung, so kann eine hinzukommende Wechselwirkung nach aussen stets diese Bedingungen nur stören und einen andern Ablauf von Erscheinungen hervorbringen, als der wäre, der in der Natur des Systems für sich allein vorgebildet war. Die organischen Körper aber sind durch den Inhalt ihrer Lebensaufgabe bestimmt, in Beziehungen zur Aussenwelt zu treten, und es gibt keinen Moment, in welchem sie dem Einflusse derselben entzogen wären. Wollten wir deshalb annehmen, dass in irgend einem Augenblicke der Organismus in sich selbst die vollständigen Bedingungen zur geordneten Entfaltung *aller* seiner spätern Lebenserscheinungen besitze, so würden wir hinzufügen müssen, dass eben deshalb die Verwirklichung dieser Erscheinungen eine Unmöglichkeit sei; denn die nie abzuhaltenden Einflüsse der Aussenwelt werden sie stets durchkreuzen. Nothwendig muss desshalb der Organismus in seinem eigenen Bau etwas weniger oder etwas Anderes besitzen, als die vollständigen Bedingungen für die Folgerichtigkeit seiner Entwicklung. Er muss so angeordnet sein, dass die Vollständigkeit dieser Bedingungen erst durch den Hinzutritt der äussern Einflüsse erreicht wird. Deshalb sind die organischen Geschöpfe nicht wie das Planetensystem geschlossene, sondern offene Systeme. Obgleich sie unserer Beobachtung sich in ihrem Herumwandeln im Raume oder durch die schöne Begrenzung ihrer Gestalt gegen die unorganische Umgebung als die ausdrucksvollsten Musterbilder individueller Abgeschlossenheit oder Selbstständigkeit darstellen, würde doch die physikalische Theorie sie nicht einmal für ziemlich abgeschlossene Inseln im Weltlauf, sondern nur für

Bruchstücke desselben ansehen können, ausgehoben aus seinem bewegtesten Theile und ganz unbegreiflich ohne Hinzuziehung des Ganzen, auf welches sie nach allen Richtungen hin zurückdeuten. Sollte nun diese Unselbständigkeit der Würde des Lebens Abbruch zu thun scheinen, so darf man doch sagen, dass in ihr zugleich eine schwerere und grössere Aufgabe gelöst ist, als in der Unerschütterlichkeit jener Systeme, die durch gleiche Massen und stets gleiche Kräfte auch nur eine stets gleiche in sich abgeschlossene Bewegung hervorbringen. Eben jener Schein der Selbständigkeit, den wir von einem mechanischen Standpunkt aus an dem organischen Wesen als Schein bezeichnen mussten, er existirt ja doch eben, und hat eine Wirklichkeit, die nicht allein für einen dritten Beobachter vorhanden ist, aus der vielmehr für die organischen Wesen viele Quellen des Genusses, viele Fähigkeiten der Rückwirkung entspringen. Dies selbst ist etwas Wunderbares und Grosses, dass der Naturlauf durch das Zusammenlaufen vieler seiner Wirkungen nach einem Punkte diese scharfgezeichneten und von dem allgemeinen Hintergrunde individuell sich abgrenzenden Centra der Bildung und des Wirkens schaffen konnte, die obwohl abhängig von dem Aeussern, doch vielmehr auf sich zu beruhen und mit jenem nur in freier selbständiger Weise zu verkehren scheinen.

115. Verstärkung eines Systems verbundener Massen dadurch, dass Stoffe und Kräfte der Umgebung in seinen Verband hineingezogen und seiner Bewegung dienstbar gemacht werden, ist jedoch, obwohl wesentlich für alles Leben, noch nicht hinreichend zu seiner Unterscheidung gegen alles unorganische Geschehen. Doch besitzt der Naturlauf keinen anderen Fall, in welchem solche Vorgänge systematisch zur Erreichung eines seiner Zwecke verwandt würden. Nur als beiläufige Nebenereignisse kommen sie in den meteorologischen Veränderungen der Erdoberfläche, in jedem Verbrennungsprocesse, in jeder zufälligen Agglomeration von Theilen zu einer grösseren Massengruppe vor. Es ist begreiflich, dass das Hineinziehen neuer Bestandtheile in ein System, das ihrer bedarf, nicht denselben Zufällen überlassen bleibt, aus denen die Verbreitung jener Processe, oder das Anwachsen der unorganischen Agglomerate entsteht. Stets hat man daher durch die Form des Wachsthums das Lebendige vom Un-

lebendigen unterschieden, und die Intussusception des ersten der Juxtaposition des letzten gegenübergestellt. Diese Ausdrücke, welche einen vollkommen wahren und wichtigen Unterschied enthalten, werden jedoch häufig in einem zu trivialen Sinne verstanden. Darin beruht ihr wesentlicher Inhalt nicht, dass etwa im unorganischen Körper das Wachsthum stets durch Ansatz der Umgebung an die äussern Theile seiner Gestalt, niemals aber durch Aufnahme des Zuwachses in das Innere der Substanz erfolgte, während der organische Leib etwa durch den Mund oder andere Oeffnungen seine Nahrung in das Innere hinabführte, und sie selbst da nicht neben den schon bestehenden Theilen ablagerte, sondern diese mit ihr durchdränge und so stets das Neue mit dem Alten auf das Innigste mischte. Obgleich auch diese Umstände theils an sich bemerkenswerth sind, theils auf das Wesentliche hindeuten, so ist doch das wahre Innere, in welches hinein der Organismus seine Nahrung intussuscipirt, nicht das räumliche Innere seines Leibes, sondern der Plan seiner Organisation. Darin besteht die Intussusception, dass keinem Theile des lebendigen Körpers erlaubt bleibt, für sich und ohne Rücksprache mit dem Ganzen aus der äusseren Welt einen Massenzuwachs in sich aufzunehmen, durch dessen Aneignung er aus den Beziehungen heraustreten würde, die ihm der Typus der Gattung zu den übrigen innezuhalten befiehlt; dass vielmehr alle Zufuhr zunächst dem Ganzen zukommt, und von ihm durch eigenthümliche Einrichtungen allen einzelnen Theilen nach Massgabe dessen zugetheilt wird, was sie auf Grund des allgemeinen Typus fordern können. Alle jene organischen Apparate, in deren Thätigkeit man die Intussusception selbst zu erblicken glaubt, sind nur die nothwendigen Voraussetzungen derselben, und sie sind eben in dem Masse ausgebildet, in welchem die Idee der Gattung einem bestimmten Organismus strenge Verhältnisse zwischen den einzelnen Theilen zur Pflicht macht und doch zugleich der Naturlauf den Zuwachs auf eine zufällige und regellose Weise darbietet. Das Thier, mit der genauen mathematischen Bestimmtheit aller seiner Theile, bedurfte daher wesentlich eines centralisirten Verdauungssystems, um die sehr zufällig und zerstreut sich darbietende Nahrung dem Ganzen gleichmässig zukommen zu lassen; die Pflanzen, weniger streng in der

Zahl und Grösse ihrer Theile bestimmt, konnten eigenthümlicher in ein einziges System vereinigter Aufnahmsorgane eher entrathen, da ihre Lebensbedingungen sie fast stets von allen Seiten gleichmässig umgeben, und kaum ein Theil sich durch ihre Aneignung ausser Verhältniss mit den übrigen vergrössern kann, denen dasselbe Wachsthum freisteht. Mit den Antrieben zur Zunahme, die in jedem Theile durch seine Stellung zum Ganzen begründet sind, wird daher auch jeder aus dieser gemeinsamen Quelle der Umgebung schöpfen, und der Plan des Ganzen sich im Wachsthum erhalten.

116. Wir haben bisher von den Lebenserscheinungen so gesprochen, als vereinigten sie nur eine Summe mechanischer Bewegungen im engeren Sinne zu einer planmässigen Gemeinsamkeit. Aber sie zeichnen sich vielmehr dadurch aus, dass sie zugleich auf jeder Stufe dieser mechanischen Entwicklung zu zahlreichen chemischen Processen Veranlassung geben und durch diese selbst wieder neue Gelegenheiten zu mechanischen Wirkungen hervorbringen. Der unorganische Naturlauf zeigt nichts Aehnliches. Zwar geschehen an der Oberfläche der Erde viele chemische Processe, aber nur solche, welche entweder in einem beständigen, immer fortschreitenden Verwandlungsprocesse ihrer Bestandtheile durch Oxydation und den Einfluss des Wassers sich erschöpfen, oder unregelmässig und ohne systematische Verknüpfung hie und da mit grosser Gewalt hervorbrechen, um ebensobald zu erlöschen. Nur das Leben besitzt eine systematisirte Verwendung chemischer Processe und unterscheidet sich dadurch auch nach anderer Seite hin von allen bisherigen Hervorbringungen unserer menschlichen Technik. Wir haben bisher vermieden von dieser zu sprechen, und das Leben nicht gegen ihre Werke, sondern nur gegen die der Natur abzugrenzen gesucht. Die Natur allein ist ein abgeschlossenes Ganzes und wir können erwarten, dass ihre Gewohnheiten und ihre Leistungen sich nicht mehr verändern werden; die Kunst ist ein unabgeschlossenes Reich, und Niemand kann wagen zu bestimmen, was ihr möglich sei, und was ihr stets unmöglich bleiben werde. Unterscheidungen der lebendigen Körper von künstlichen Maschinen sind deshalb stets misslich. Bis jetzt hat unsere Technik sich mit mechanischen Bewegungsprocessen begnügt, die durch chemisch unveränderte

Instrumente ausgeführt werden; chemische Processe hat sie nur benutzt, um z. B. durch die Feuerung der Dampfmaschine die mechanische Kraft zu entwickeln, welche das übrige Getriebe in Bewegung setzt. Schon durch diese Mittel hat sie Werke hervorgebracht, die nur eine übelunterrichtete Begeisterung für eine sogenannte lebendige Natur in jeder Hinsicht geringer schätzen kann, als die niedrigsten Formen etwa des pflanzlichen Lebens. Unternähme es die Technik, die einzelnen Maschinentheile aus Stoffen zu bauen, die im Laufe der Arbeit selbst ihre chemische Natur änderten, dadurch neue Formen der Wirkung entwickelten und den Zusammenhang des Werkes selbst umgestalteten, so würde sie zwar kaum auch nur die niederste Alge künstlich nacherzeugen lernen, aber sie würde andere Erzeugnisse hervorbringen, die man dem Princip ihrer Zusammensetzung und ihrer Function nach nicht von organischen Körpern unterscheiden könnte, und deren Leben, wenn wir es so nennen wollen, jedenfalls reicher sein würde, als das der niedersten unter den natürlichen Organisationen. Aus diesem Grunde scheint es mir nicht räthlich, Unterschiede aufsuchen zu wollen, durch die sich das Leben von jedem möglichen Kunstwerk abtrennte: wir wissen nicht, wie weit die Möglichkeit der Kunst geht. Das allerdings glauben wir zu wissen, dass die Technik stets nur solche Producte erzeugen wird, die den wahren Organismen in dieser einen Rücksicht auf die Principien der Combination der Kräfte gleichgesetzt werden können, aber nicht in irgend einer andern. Stets werden die Naturproducte unter der Herrschaft einer Naturidee stehen, und Theile eines zusammenhängenden Naturreiches sein, zu welchem die Productionen der Kunst nie gehören werden, wenn sie gleich durch analoge Verbindung mechanischer Kräfte auch analoge Formen mechanischer Erfolge besitzen und aufs Täuschendste das natürliche Leben nachahmen sollten. Nur darin können wir nicht einstimmen, dass ein natürlich Lebendiges sich durch die Gegenwart eines besondern Lebensgeistes von dem automatischen Producte der Kunst wie von einem Gespenste unterscheide, Gedanken, auf deren weitere Entwickelung das dritte Buch unserer Arbeit zurückführen wird.

117. Wir fügen endlich das Letzte hinzu. Ein System, nicht auf Unveränderlichkeit seiner Massen und Kräfte, nicht auf Ab-

geschlossenheit gegen aussen, sondern auf die entgegengesetzten Bedingungen gebaut, in sich selbst nicht im Gleichgewicht, sondern stets von inneren Antrieben weiterer Umwandlung angeregt, kann in keinem Falle eine in sich zurückkehrende Periode von Bewegungen erzeugen, so dass, wie in dem Planetensysteme, dieselben Massen zu irgend einer Zeit in dieselben gegenseitigen Stellungen und mit dem Antrieb zum neuen Beginn einer ganz gleichen Bewegung zurückkehrten. Der Organismus erhält nicht sich selbst, sondern stellt durch die Zeugung ein neues System her, in dessen einfacher Gestalt die Grundlage einer ähnlichen Entwicklung gegeben ist. Wir können nicht ohne Wahrscheinlichkeit diese Thatsachen, durch deren Vorhandensein allein schon das Leben sich von aller übrigen Natur scheidet, uns dahin deuten, dass die Last der Aufgaben, die das Leben über sich genommen, der Reichthum der Mittel, die es zu einem gemeinsamen Plane vereinigen will, ein zu grosses Vornehmen ist, um sich gegen die inneren Schwierigkeiten und die äussern Einflüsse des Naturlaufs beständig durchführen zu lassen. Diese höchste und geistvollste Gestalt der Entwickelung scheint nothwendig eine vergängliche zu sein, und nicht nur die zufälligen oder thatsächlichen Einrichtungen der übrigen Natur, sondern eine innere Unmöglichkeit ihrer beständigen Dauer entgegenzustehen. Aber diese Vergänglichkeit liegt anderseits im Plane der organischen Schöpfung selbst und ist kein äusserliches Schicksal, das ihr eine unerbittliche Nothwendigkeit auferlegt. Das Organische soll als ein Reich der Gattungen bestehen. Indem das einzelne Geschöpf zu Grunde geht, oder indem die organisirende Kraft in der Beherrschung der ausgedehnten Massen ermattet, in welche der vollendete Körper auseinander gegangen ist, zieht sie sich, dies Vergehende der Zerstörung preisgebend, auf ein kleineres System von Theilen zurück, dessen innere Zusammensetzung als eine Abzweigung der harmonischen Thätigkeit des verschwindenden Ganzen zurückgeblieben ist; und so beginnt aus dem Keime dasselbe Entwickelungsspiel schnell wachsend und anschwellend von neuem, um bald abermals sich auf einen kleinen aber wieder gleich entwicklungsbegierigen Kreis zurückzuziehen.

Ernährung, Wachsthum und Zeugung sind die drei Formen der Combination physischer Processe, durch die man stets das

Lebende vom Unlebendigen abzuscheiden versucht hat. Wir haben sie in dieser Darstellung mit einigen andern Eigenthümlichkeiten verbunden, die geeignet waren, sie in eine gegenseitige Beziehung unter einander zu bringen. Wir zweifeln nicht, dass durch sie der Kreis des Lebens sich auf eine völlig hinlängliche Weise von allem Unlebendigen abgrenzen wird, auch ohne dass wir es unternehmen, das, was wir hier im Einzelnen bemerkt haben, noch ausdrücklich in die äusserliche logische Form einer Definition des Lebens einzukleiden.

§. 14.

Die Idee des Organismus.

118. Eine Musterung der Versuche, die Idee, welche in den Erscheinungen des Lebens jedes empfängliche Gemüth ahndungsvoll berührt, in scharfen Begriffen aufzufassen, hat ihren melancholischen Reiz für die Geschichte der Philosophie, die auch ergebnisslos gebliebenen Gedanken durch den Nachweis ihres Zusammenhangs mit allgemeineren Weltansichten eine lebhafte Theilnahme zuzuwenden vermag. Wir können nicht so weit ausholen; für den bescheidenen Standpunkt, den wir hier einem bestimmten Kreise von Erscheinungen gegenüber einnehmen, sind viele jener Versuche keine natürlichen Bemühungen, die Fragen, von denen sie ausgingen, keine natürlichen Probleme; sie haben Werth und Bedeutung nur, so lange man mitten in der künstlichen Kette von Gedanken steht, aus der sie entsprangen. Ohnehin würde manche schätzbare Ansicht, die neben vielem Bedeutungslosen sich hier geltend gemacht hat, nur durch die Kenntniss speciellerer Vorgänge des Lebens, zu deren Betrachtung wir erst später überzugehen haben, verständlich sein. Wir ziehen deshalb vor, dieses erste Buch unserer Untersuchungen durch eine Ueberlegung zu beschliessen, die seiner Aufgabe, die allgemeinen Grundlagen physiologischer Theorien darzulegen, angemessen, zugleich ein oft übersehenes Vorbedürfniss für das Verständniss aller jener buntfarbigen Phantasien befriedigt, die man als höhere, speculative Auffassungen des Lebens zu bezeichnen pflegt. Wir wollen nämlich diese verschiedenen Versuche, ohne auf die besondere Ausarbeitung einzugehen, welche ihnen diese oder jene Persön-

lichkeit gegeben hat, in einige Gruppen einzutheilen versuchen, die sich durch die Art ihrer stillschweigenden Voraussetzungen, durch die Richtung, die sie in deren Folge zur Aufsuchung des idealen Inhalts einschlagen, endlich durch die allgemeine Ansicht von dem Verhältnisse der realen Mittel zu ihren idealen Aufgaben hinlänglich und klar von einander scheiden. Die Auffindung aller dieser oft verschwiegenen Grundlagen, auf denen jene mannigfaltigen Auffassungsweisen beruhen, scheint der einzige Weg zu einer unbefangenen Beurtheilung ihres Rechtes und des Gewinns zu sein, den sie der Wissenschaft gebracht haben oder noch bringen können.

119. Die Erscheinungen der Natur zu beobachten, ohne von ihrer idealen Bedeutung ergriffen zu werden, ist ebenso unmöglich, als es schwierig ist, ihren lebendigen Eindruck in einen Besitz der Wissenschaft umzuwandeln. Wie jedes Kunstwerk erregen sie zuerst in uns eine Stimmung, deren Gründe in dem Zusammenhange ihrer Formen und in ihrer Einwirkung auf uns wohl liegen müssen, aber im Augenblicke dieses Genusses weder von uns aufgesucht noch leicht gefunden werden dürften. In dem ästhetischen Eindruck, den die Gestalt, das stille Wachsthum, die Düfte und Farben einer Pflanze oder die eigenthümliche Beweglichkeit jedes thierischen Lebens auf uns macht, erfassen wir das, was ihre ideale Bedeutung bildet, mit einer Tiefe des Genusses und in einer Vollständigkeit, von der jeder Versuch, erklärende Gründe dieses Eindruckes aufzufinden, den grössten Theil wieder aufopfern muss. Hier, wie bei jedem Erzeugniss der Kunst, wird die nachkommende Reflexion nur einige ausgezeichnete Punkte auffinden können, an welche sich die überwältigende Gewalt der Erscheinung knüpft, aber die grössere Klarheit, mit welcher diese einzelnen Gipfel in unserm Bewusstsein aufsteigen, entschädigt niemals vollkommen für jene unberechenbaren, vermittelnden Züge, die im Begriffe zu Grunde gehen, in der unmittelbaren Anschauung aber gerade die eigenthümliche Fülle begründen, aus welcher die Kraft des Gegenstandes, uns zu bewegen, hervorgeht. Dennoch kehren wir zu solchen Versuchen stets zurück; eine beständige Bestrebung des Geistes, den Grund seiner Stimmungen in deutlichen Gegenständen der Erkenntniss sich gegenüber zu sehn, lässt über die Na-

turerscheinungen eine ähnliche ästhetische Kritik entstehen, wie sich eine solche über die Schönheit der Kunstwerke stets Rechenschaft zu geben gesucht hat. Von gleichen Voraussetzungen ausgehend, dem gleichen Bedürfniss folgend, gelangen beide zu sehr ähnlichen Ergebnissen. So wie wir bei der Anschauung eines Kunstwerks des Künstlers sowohl als der technischen Mittel, die er benutzt, vergessen konnen, weil er, von dem der geistige Inhalt herrührt, diesen zugleich vollständig in sein Werk ergossen hat, das nun selbständig und ohne Hindeutung auf seinen Ursprung verständlich dasteht, so lassen auch die Naturansichten, die wir den ästhetischen Theorien vergleichen, den Ursprung der idealen Bedeutung der Natur dahingestellt. So wie sie vorhanden ist, schliesst sie thatsächlich ein Reich von Ideen ein, auf deren anschaulicher Erscheinung ihr Werth und die Kraft beruht, mit der sie unser Gemüth bewegt. Weder welchem Quell diese Ideen entsprangen, noch in welcher Weise ihre Wirklichkeit durch die Stoffe und Mittel der Natur bedingt ist, gilt diesen Ansichten für eine nothwendige Frage; den vorhandenen Schatz des geistigen Inhalts dagegen für die Erkenntniss zu einem unverlierbaren Besitz zu machen, erscheint ihnen als der nothwendige und allein genügende Abschluss der Naturbeobachtung.

120. Der Weg, den sie hierbei betreten müssen, ist leicht zu sehen. Die Natur einerseits zeigt uns nur Gestalten und Ereignisse und gewisse Formen des Zusammenhanges zwischen beiden; das Gemüth anderseits vermuthet nur da eine verborgene Idee, wo es durch den Eindruck unwillkührlich in eine ästhetische Stimmung versetzt wird; es geht vorüber an tausend anderen Gegenständen, ohne zu versuchen, sie, denen diese Macht des Eindrucks gebricht, auf einen idealen Rückhalt ihres Wesens zurückzuführen. Eine sinnige Phantasie sucht deshalb in den Werken der Natur wie in denen der Kunst jene Formen und Zusammenhangsweisen auf, an welche die bedeutsame Stimmung gekettet scheint. Aber die nächsten wirklichen Gestalten der Natur sind zu reich an verschiedenartigem Inhalt; an Abweichendes dem ersten Anblick nach finden wir doch verwandte Eindrücke geknüpft. Nun beginnt eine zersetzende, vergleichende und verallgemeinernde Thätigkeit. Man vergisst einstweilen die Fülle, mit der jede einzelne Erscheinung sich uns aufdrängt, und sucht jene

durchdringenden, im Ganzen wie im Einzelnen wiederkehrenden Züge auf, welche überall, wo sie auftreten, die Erwecker des Eindrucks und folglich die Träger der idealen Bedeutung sind. Auch diese elementaren Formen entkleidet der Fortschritt der Vergleichung der anschaulichen Bestimmtheit, die sie noch besitzen mögen, und die sie zu Einzelnem zu machen scheint, und so, immer mehr sich abwendend von der vollen lebendigen Gestalt des Wirklichen, die den bedeutungsvollen Eindruck gebar, ist man zuletzt so glücklich, in irgend einem abstracten Schema, in irgend einer begriffsmässig fassbaren Beziehung mehrerer Punkte zu einander den Grund zu finden, auf dem die Bedeutsamkeit jener elementaren Formen, und mittelbar der ideale Werth der aus ihnen zusammengesetzten Erscheinungen beruht. Von dieser Analyse der Erscheinungen, welche die Schonheit der Natur gleichsam auf die Gebeine zurückführt, durch deren Zusammenfügung sie Festigkeit und Halt bekommen soll, wendet sich die Betrachtung zu einer Sammlung und Zusammenfassung dieser Elemente zurück. Erschienen die einzelnen Geschöpfe als Kunstwerke, so ist die Natur im Ganzen eine künstlerisch productive Thätigkeit. Ohne irgend einen ausser ihr liegenden Zweck zu verfolgen, ohne durch ihre Erzeugnisse etwas verwirklichen zu wollen, was noch ausserhalb dieser Erzeugnisse selbst läge, entfaltet sie in unwillkührlichem heiteren Spiele unaufhörlich und in den mannigfaltigsten Gestalten jene Formen allein, die an sich werthvoll ihr ganzes Wesen erfüllen. Die Welt der Erscheinungen ist die unendlich reiche Entwicklung einer ewigen Formenwelt, die das letzte und einzige Mysterium des Daseins bildet und hinter der noch etwas Anderes als Zweck zu suchen, das grösste Missverständniss der begeisterungslosen Erkenntniss sein würde. In unablässigem Wechsel der Steigerung, Vertiefung und Verknüpfung wiederholt die Natur diese geweihten Formen und bildet vor Allem das Reich des Lebendigen zu einem mannigfach gegliederten Ganzen symbolischer Gestalten und Ereignisse aus. Greifen doch auch wir Menschen, um einen überschwänglichen geahnten Inhalt für uns zu befestigen, zu demselben Mittel; unauslöschlich ist der Hang, durch Zeichen und Symbole auszudrücken, was uns für das Höchste gilt. Aber was wir unvollkommen versuchen, das sehen wir in der Natur in höchster Vollkommenheit

vor unsern Augen, ein Gewebe von Beziehungen und Formen, bedeutsam in jedem einzelnen Zuge, unerschöpflich in der Mannigfaltigkeit und dem Reichthum ihrer Verknüpfung.

121. So befriedigend nun dieses Gemälde der Natur sein mag, wenn es in der Absicht entrollt wird, die nächsten Ursachen aufzudecken, auf denen ihr unwillkührlicher ahnungsvoller Eindruck beruht, so völlig trostlos würde es sein, wenn es Anspruch machte, die entfernteren und letzten Gründe darzuthun, aus denen ihre Fähigkeit, unser Gemüth zu bewegen, hervorgeht. Es mag wahr sein, dass überall, wo jene gefeierten Formen sich zeigen, sich an sie dieser bewegende Eindruck knüpft, allein dies beweist weder, dass die zusammengesetzten Erscheinungen ihren Werth diesen Elementen verdanken, aus denen sie bestehen, noch dass diese elementaren Formen an sich einen Werth besitzen, den sie Anderem mittheilen könnten. In der Natur wie in der Kunst scheint nur das Bedeutungsvolle an jenen einfachen Elementen zu haften, auf die wir es zurückzuführen pflegen; in der That aber hat das Einfache meist seinen Werth nur von dem Zusammengesetzten, oder von einem anderen weit darüber hinausliegenden Inhalt, an den es uns erinnert. Das, was nur als formale Voraussetzung für die Existenz eines Werthvollen, oder als unvermeidliche Consequenz seines Daseins Nothwendigkeit und Bedeutung besitzt, erscheint uns häufig, von diesem Glanze des auf ihm Begründeten beleuchtet, als selbstleuchtend, als das Ursprünglichste und Höchste, während es überall nur ein dienendes Glied ist. Niemand wird leicht das Skelet eines organischen Wesens als seine wahre Gestalt, die Fülle der lebendigen Ueberkleidung für eine zufällige Verhüllung ansehen, nach deren Zerstörung man erst auf das wahre und allein bedeutsame Gerippe stiesse. In der Betrachtung der Natur im Ganzen aber begehen jene ästhetischen Ansichten diesen Fehler sehr oft und sehr allgemein. Von den allein lebendigen Erscheinungen, wie sie in ihrer Ganzheit und Geschlossenheit vor uns stehen, und durch ihren Eindruck unser Gemüth aufs Tiefste bewegen, wenden sie sich ab, und suchen hinter ihnen eine Reihe abstracter Beziehungsformen auf, in denen sie den wahren Gehalt der Natur zu sehen glauben. Und doch ist es bei geringer Ueberlegung einleuchtend, dass alle diese so aufgefundenen Formen nur so lange

uns bedeutungsvoll erscheinen können, als wir bei ihnen an den tiefen Gehalt der Beispiele zurückdenken, von denen wir sie abstrahirt haben. Die Eigenthümlichkeit und die specifische Bedeutung der einzelnen Fälle, in denen wir sie in der Natur vorkommen sahen, gibt ihnen allein einen mittelbaren und mitgetheilten Werth, so wie uns Alles lieb werden kann, was einem geschätzten Gegenstande angehört; lassen wir aber jene Erinnerungen bei Seite und fassen jene gefeierten Formen allein ins Auge, als das was sie sind, so zeigt sich, dass die Sehnsucht, die Poesie der Natur zu verstehen, nicht empfindlicher getäuscht werden kann, als durch den Versuch, auf so vollkommen gleichgiltige, geistlose und langweilige Schematismen ihren ganzen Gehalt zurück zu führen.

122. Ohne eine Geschichte dieser Ansichten zu unternehmen, müssen wir doch einige Beispiele hinzufügen, um zu zeigen, von welchen Meinungen wir ein so ungünstiges Urtheil fällen. Wir wissen freilich, dass die, die wir im Sinne haben, auf ganz andere Weise, von einem viel höheren Standpunkt aus begründet zu werden pflegen; allein unsere Aufgabe war nur, sie in der Kürze sowohl in ihrem Werthe als in ihren Irrthümern verständlich zu machen, und so übergehen wir mit Stillschweigen die Deductionen, durch welche eine neuere philosophische Richtung diese Ansichten trüglich mit einer metaphysischen Nothwendigkeit auszustatten versucht hat. Beispiele nun liegen nahe. Der Tod der beseelten Wesen mit dem vorangehenden Kampfe gegen die Auflösung, mit der Trennung von geselligen Banden und Entwürfen für die Zukunft, mit dem nachfolgenden Weiterblühen anderer Geschlechter regt durch alle diese begleitenden Umstände unzählige Gedanken an, die der tiefen Bedeutung dieses Ereignisses nachsinnen. Wir vermögen es noch, die Stimmung, die es erregt, auf die Vergänglichkeit anderer organischer Wesen, auf das Absterben der Pflanzen überzutragen, nachdem wir ihr Leben in gleicher Weise durch Erinnerungen an den Inhalt unsers eigenen uns gedeutet haben. Drückt uns nun eine naturphilosophische Lehre die Bedeutung des Todes dahin aus, dass Vergänglichkeit der Individuen und Beständigkeit der Gattung die eigenthümliche Idee des Lebens sei, so werden wir selbst durch diesen kahlen Ausdruck noch an die Tiefe der Gefühle erinnert,

die jene Verhältnisse in ihrer vollen wirklichen Erscheinung begleiteten, aber wir empfinden zugleich, dass diese formale Beziehung keineswegs der Grund ist, aus dem sie entsprangen. In der That, was läge denn in der Vergänglichkeit der Einzelnen und dem Bestehen der Gattung an sich selbst irgend für ein tiefer Sinn? Warum soll dieser Einrichtung ein so hoher Werth zukommen, dass durch sie sich ein Gebiet der Schöpfung von dem andern abschiede? Offenbar sind diese Formen des Daseins an sich ohne allen Werth, sie sind völlig gleichgiltige Beziehungen, die nur durch das Bedeutung erhalten, was in ihnen realisirt ist, oder wozu sie die nothwendige Grundlage bilden; aus ihnen aber geht der Sinn nicht über auf das Wirkliche, das in ihnen enthalten ist. Die Existenz der Gattungen überhaupt und ihr Bestehen durch die Vergänglichkeit der Einzelnen hindurch erkennen wir willig als eine Form des Daseins, auf der das Werthvollste des Lebens, Geselligkeit und Geschichte, beruht, aber aus ihr allein geht dennoch keine von beiden hervor, und keine darf in ihrer reichen Bedeutung auf jenes abstracte Schema als auf die dem Leben ursprünglich zu Grunde liegende Idee zurückgeführt werden. Der Unterschied der Geschlechter ist eine ähnliche Erscheinung; auch er fehlt dem Unorganischen. Aber auch diese Form des Daseins ist für uns bedeutungsvoll nur durch die Eigenthümlichkeit der concreten Weise, in der sie erscheint. Dem geistigen Wesen wird durch sein Geschlecht der ganze Horizont seines Denkens und Strebens bestimmt; an das gegenseitige Verhältniss beider Geschlechter knüpft sich näher oder entfernter fast der ganze Inhalt unsers Lebens, eine Fülle der edelsten Gefühle an; so ist in der menschlichen Welt diese Beziehung von unendlicher Tiefe. Wer aber erkennt diese wieder, wenn uns als Schlüssel für die Bedeutung der Geschlechter der Begriff des Gegensatzes und seiner Ausgleichung oder der Polarität und ihrer Indifferenz dargeboten wird? Kann es etwas Bedeutungsloseres in der Welt geben, als dass aus Zweien Eins und aus Einem Zwei werden? Und heisst es nicht, völlig stumpfsinnig sein gegen den unendlichen Tiefsinn der wirklichen Lebensverhältnisse, wenn man behauptet, das Band, das in der Liebe die Geschlechter verknüpft, leiste im Wesentlichen auch weiter nichts, als was Säure und Alkali, positive und negative

Electricität, nur in etwas einfacherer Weise, auch vollziehen? Wir könnten solcher Beispiele noch viele anführen; es gibt kaum einen seltsameren Widerspruch als den, welchen diese Ansichten in ihrem Verlaufe zeigen. Ausgegangen von dem Bedürfniss, die Poesie der Natur zu verstehen, streifen sie doch sorgfältig von den Erscheinungen alles ab, was an ihnen Poesie ist, und werfen sich anbetend vor den einfältigsten Beziehungsformen nieder, die an sich nicht die mindeste Bedeutung haben, sondern sie nur von einem bedeutungsvollen Inhalt erwarten.

123. Mit etwas mehr Phantasie, als den Ausbildnern dieser Ansichten zu Gebot gestanden zu haben scheint, hätten sie immerhin interessante Gesichtspunkte aufstellen, mit etwas mehr Kritik, als sie anwandten, sogar der allgemeinen Physiologie nützliche Fragen aufwerfen, Antworten freilich kaum ertheilen können. Es scheint uns nun unnöthig, die mancherlei Gedanken von immer höheren Potenzen der Differenzirung und Indifferenz, der Identität der Gegensätze, der immer entwickelteren Spannung zwischen Peripherie und Centrum, zwischen Individualität und Allgemeinem, von der Beständigkeit im Wechsel, der Vielheit in der Einheit anzuführen, durch welche jene Ansichten das Leben von dem Unlebendigen als eine ideell höhere Stufe des Daseins abzugrenzen suchten. Alle die Eigenthümlichkeiten des Lebens, die wir im vorigen Abschnitt aufstellten, können als Beispiele und zum Theil als bessere Beispiele solcher Unterschiede gelten. Wir selbst freilich sind weit entfernt, in ihnen die Idee des Lebens zu sehen; wir erkennen vielmehr in ihnen nur formelle Grundlagen, die für den Aufbau eines ideell bedeutsamen Lebens nöthig sind. Um indessen einem verschobenen Standpunkte doch das Mögliche abzugewinnen, gehen wir auf eine Vorstellung einen Augenblick näher ein, die sich von den andern durch eine gewisse formelle Strenge vortheilhaft unterscheidet. Man hat den Organismus einen Mikrokosmus genannt, und in diesem Ausdruck den grössten Theil jener einzelnen formalen Gedanken in einen einzigen zusammengezogen. Sehen wir die Welt als ein zusammengehöriges Ganzes an, das irgend einen idealen Inhalt zur Erscheinung bringt, eine Voraussetzung, die diesem Standpunkt unentbehrlich ist, so ist es klar, dass der volle Gehalt jener Idee sich auch nur in dem Ganzen der Welt erschöpft. Weder

in diesem noch in irgend einem andern Falle haben die einzelnen Theile eine Pflicht, dem Ganzen ähnlich zu sein; wie die einzelnen Instrumente zu einem Concert, tragen sie nur durch irgend eine Leistung zu dem Plane des Ganzen bei, und von der Idee, die dieses beseelt, ist in ihnen vielleicht nur ein schwaches Streiflicht zu finden. Anderseits aber ist die Unähnlichkeit der Theile und des Ganzen ebenso wenig eine Nothwendigkeit; gleichen sie ihm, so leisten sie nur etwas mehr, als in ihrer abstract gedachten Beziehung als Theile des Ganzen gefordert war. Welches nun auch jener ideale Inhalt der Welt und der der Theile sei, beide steigen in ihrem Werthe, je mehr die Theile sich in ihrer Gestalt dem Ganzen nähern. Anstatt eines Bruchstücks besitzen diese fast den vollen Inhalt der Idee, anstatt einmal diese darzustellen, spiegelt jenes sie in unendlicher Wiederholung in den Theilen ab. Sowohl für die Natur im Ganzen kann daher die Voraussetzung entstehen, dass sie um ihrer selbst willen ähnliche relative Ganze in sich erzeuge, als auch für die organischen Wesen die Annahme, dass ihre wesentliche Würde in der Vollkommenheit bestehe, mit der sie das Gefüge des Makrokosmus in sich selbst nachahmen. Allerdings bemerkt man leicht, dass durch diese Vorstellung des Organismus als eines Mikrokosmus nicht sowohl die Idee, die ihn belebt, dargestellt und ausgesprochen, als vielmehr nur der Grad formeller Vollkommenheit angezeigt wird, mit dem er die völlig unbestimmt bleibende Idee des Makrokosmus wiederholt. Gerade hierin finde ich jedoch das Ansprechende dieser Ansicht. Soll überhaupt die Bedeutsamkeit des Lebens nach der ganzen Weise dieses Standpunkts durch irgend einen Zug seines formellen Verhaltens ausgedrückt werden, so ist es am richtigsten, einen solchen Zug zu wählen, der in der That nur eine formelle Zweckmässigkeit zum Ausdruck jeder Idee ausspricht, welche in der Welt herrschen könnte, den Inhalt dieser Idee dagegen völlig eliminirt. Wir bleiben dadurch wenigstens mit uns in Uebereinstimmung und versuchen nicht, das Bedeutsame durch unbedeutende Formeln zu erschöpfen. Ist also der Organismus ein Mikrokosmus, so besteht sein idealer Unterschied gegen das Unorganische jetzt darin, dass er durch die Form seines Zusammenhangs und seiner Entwicklung fähig ist, die bedeutungsvollen Ideen des Weltalls, welche sie auch

sein mögen, vollständig in sich zu reproduciren, während das Unorganische durch seine Form dazu gezwungen ist, stets als ein dem Ganzen der Welt unähnliches Bruchstück auch nur einzelne Züge jener Ideen zur Darstellung zu bringen. Mit diesem bescheidenen Gewinne wollen wir den bisher erwähnten Standpunkt verlassen, und von den späteren Betrachtungen erwarten, welche Aufschlüsse sich aus ihm in Bezug auf die einzelnen Erscheinungen des Lebens entwickeln lassen.

124. Gegenüber diesen Versuchen, die ideale Bedeutung der Naturerscheinungen in dem absoluten Werthe formeller Beziehungen nachzuweisen, wollen wir eine zweite Reihe von Ansichten als metaphysische Interpretationen dieser Bedeutung bezeichnen. Sie sind nicht mehr zufrieden mit dem unmittelbaren Eindruck, den jene Formen auf uns machen oder zu machen scheinen, vielmehr liegt ihnen die Ueberzeugung zu Grunde, dass alle Gestalten oder Zusammenhangsweisen der Erscheinungen nur als Zeichen der Vollkommenheit Werth haben, mit welcher diese eine concrete Aufgabe der Entwicklung erfüllen. Sie können die Frage, woher überhaupt der ideale Gehalt der Welt komme, ebensowenig dahingestellt sein lassen, als die andere, wie er im Laufe der natürlichen Wirkungen sich realisire. Die Welt ist ihnen nicht mehr ein nur künstlerisches Spiel mit Formen, die keinen Zweck ausser sich haben, sondern die Eine schaffende und substantielle Macht, die sie als den ewigen Urgrund der Welt betrachten, hat um ihrer eigenen Natur und ihrem Begriff gemäss zu existiren, die Arbeit eines Entwicklungsganges nach einem bestimmten Ziele hin auf sich zu nehmen. In ihrem Fortschritte auf diesem Wege durchläuft sie nun verschiedene Erscheinungsformen, die der jedesmaligen Stufe ihrer bereits erreichten Vollkommenheit entsprechen, und als eine unmittelbare Folge aus dieser entspringen. Nicht auf die Verwirklichung dieser Formen aber ist es im Weltlauf abgesehen, sondern auf die Erreichung eines Zieles, das ausser ihnen liegt. Immer zwar wird sich auch hier auf die Formen selbst, als die nothwendigen Begleiter der Bewegung ein Theil der Bedeutsamkeit übertragen, die nur jenem Streben nach dem Ziele ursprünglich gehört; aber es fehlt diesen Ansichten nicht das Bewusstsein darüber, dass dieser entlehnte Glanz der Formen auf eine innere

Bedeutung des Inhalts zurückweist, der sich in ihnen bewegt. So weit nun in diesen Annahmen eine Zurückweisung jener unmittelbaren ästhetischen Deutungen liegt, können wir ihnen gewiss beistimmen, obgleich sie in neuerer Zeit sich keineswegs völlig unvermischt und im Gegensatze mit ihnen entwickelt haben. Die meisten dieser Naturansichten vermengen vielmehr die beiden Standpunkte, die wir um ihres verschiedenen Werthes willen hier zu trennen versucht haben.

125. In ihrer weiteren Ausführung sehr bunt und verschieden, kommen die vielerlei Lehren, die zu diesem Kreise gehören, im Wesentlichen darin überein, dass sie jene dem absoluten Weltgrunde obliegende Arbeit der Entwicklung als einen Process fortschreitender Vergeistigung darstellen. Eine Einheit des Idealen und Realen, ein wirksamer und schöpferischer Gedankeninhalt ist jenes Absolute, aus dem die Welt entspringt. Ihr Entspringen selbst aber ist der drängenden Unruhe zuzurechnen, mit welcher dieser Weltgrund die einzige Form des Daseins zu erreichen sucht, in welcher sein Inhalt dieselbe Wirklichkeit besitzt, die er zunächst in unserem Gedanken besass; idealer Inhalt kann seiner eignen Natur gemäss auch nur in idealer Form des Daseins, nur als sich selbst erfassende und denkende Idee, als Selbstbewusstsein existiren. Die mannigfaltigen Productionen der Natur, in die sich jener Drang ergiesst, sind nur eben so viele Versuche, sich zu dieser allein adäquaten Art des Daseins emporzuarbeiten; alle Formen, in denen sich die Gestalt und die Entwicklung einzelner Geschöpfe darstellt, haben nicht an sich selbst, sondern insofern allein Bedeutung, als sie den Grad der Vergeistigung anzeigen, bis zu welchem in ihnen die Entfaltung des absoluten Grundes vorgedrungen ist. Es ist nicht schwer, neben dem grösseren Werth dieser Ansichten im Vergleich zu den vorigen zugleich die grössere Gefahr ihrer missbräuchlichen Durchführung zu bemerken. Die ästhetischen Ansichten, wenn sie in an sich gleichgiltigen Formen die Idee der Erscheinungen schon zu fassen glaubten, blieben hinter ihrer Aufgabe zwar zurück, aber bei einiger Sinnigkeit der Beobachtung wiesen sie doch immer in diesen Formen etwas Thatsächliches und Vorhandenes auf, dessen Beziehung zu dem wahrhaften Inhalte wohl der Untersuchung werth war. Eben weil sie das Räthsel eigent-

lich nicht lösten, lösten sie es nicht falsch. Die metaphysischen Ansichten, indem sie alle Formen auf diesen Process der Vergeistigung beziehen, können zwar eine grössere systematische Geschlossenheit erlangen, aber ihre Wahrheit hängt an der Richtigkeit der Auflösung, die sie von jenem Räthsel geben, das für uns die Formen der Natur bilden. Wie grossartig und würdig nun auch diese Aufgabe fortschreitender Vergeistigung zunächst erscheinen mag, so können wir in ihr doch keineswegs ein wahres und angemessenes Ziel für die Entwicklung des schöpferischen Weltgrundes erblicken, wenigstens in der Fassung nicht, welcher der Begriff des geistigen Lebens gerade in diesen Ansichten meistens unterliegt. Denn was anders wird darunter verstanden, als das Phänomen des Selbstbewusstseins, des sich Denkens? Hier aber wiederholt sich, was wir bei den ästhetischen Ansichten als eine falsche Werthvertheilung rügten. Auf dem Selbstbewusstsein beruht ohne Zweifel alles Gute und Werthvolle unseres geistigen Lebens; es selbst aber für sich, wieviel ist es werth, wenn es ohne Rücksicht auf das geschätzt wird, wozu es führen kann? Nichts, wie uns dünkt; ganz öde und langweilig würde uns der Weltlauf erscheinen, dessen einziges Ziel das Kunststück wäre, dass das Seiende nicht blos sei, sondern auch für sich da sei und sich wisse, in sich selbst sich abspiegele. Wie gross auch unsere Verehrung vor dem Bewusstsein ist, eben weil wir es als die unentbehrliche Grundlage zu allem Guten erkennen, so dürfen wir uns doch dahin nicht verirren, es um seiner selbst willen für das Höchste zu achten und das Ziel der Entwicklung des Absoluten in einem eiteln Sichselbstwissen oder in einem theatralischen Sichdarleben zu suchen. Aber auch zugegeben, dass das Selbstbewusstsein eine Form des geistigen Daseins von unermesslichem eigenen Werth sei, mehr als eine solche Form ist es doch nie; das geistige Leben hingegen besteht nicht in dem Vorhandensein solcher allgemeiner Formen seines Wirkens und Benehmens, sondern in der Benutzung derselben zu einem wirklichen concreten Wirken und Benehmen. Die Erringung des Bewusstseins, ohne dass zugleich für einen würdigen Inhalt desselben gesorgt würde, kann uns daher in keiner Weise als das Ziel der Weltentwicklung gelten.

126. Was nun die Anwendung dieser Gedanken auf unsern

speciellen Gegenstand betrifft, so haben diese Ansichten, wie sich im Voraus erwarten liess, zu keiner bedeutsamen Unterscheidung des gesammten organischen Reichs von dem unorganischen Dasein geführt. Ein wichtiger Wendepunkt in der Entwicklung des Absoluten würde vielmehr am Anfange des Thierreichs liegen, wo zuerst bewusste Empfindung und willkührliche Bewegung das volle Erwachen zu psychischem Leben verkündigen, und er würde dieses Reich schärfer von dem Pflanzenreich abscheiden, als sich das Gesammtgebiet des Organischen von dem Unorganischen trennen liesse. In der That stellt sich für die meisten dieser Ansichten der letztere Unterschied ganz anders. Sie beschränken den Namen Organismus nicht auf die lebendige Welt im engern Sinne, sondern dehnen ihn so aus, dass er jegliches von der Natur zusammengestellte und nach inwohnenden Formen im Wechsel seiner Zustände sich erhaltende System von Massen bezeichnet. Ein geologisch-astronomischer Organismus geht daher als tiefste Stufe dem vegetabilischen, dieser dem thierischen voran, aber kein Grund waltet ob, die beiden letzteren Stufen dieser Entwicklungsreihe als organisch in eminentem Sinne der ersten gegenüber zu verbinden. Wir können nicht umhin, einem solchen Sprachgebrauch sein unbestreitbares Recht zu lassen, obwohl wir in diesem Buche ihm nicht folgen werden. Auch unsere früheren Betrachtungen haben den Gedanken an verschiedene Principien oder verschiedene Kräfte, die in dem Organischen und dem Unorganischen wirksam wären, zu verbannen gestrebt: sie haben das Eigenthümliche des erstern ausschliesslich in der Form der Verbindung gesucht, in welcher die allgemeinen physischen Kräfte in ihm zu einem gemeinsamen Product zusammenzuwirken genöthigt sind. Aber unsere Meinung war keineswegs, dass im Gegensatz zu dem Lebendigen das unlebendige Geschehen gar keiner von der Natur vorausbestimmten und gewollten Form der Verknüpfung, sondern etwa dem principlosen Zufall unterliege, der bald so bald so den Kräften Gelegenheit zu vereinzeltem Wirken, aber nie Veranlassung zur Hervorbringung eines geordneten Productes gäbe. Alles vielmehr, was in der Natur sich ereignet, ist Theil einer gestalteten, gesetzlichen, von einer bestimmten Form umfassten Bewegung, die in ihrem Ganzen nicht minder durch eine Naturidee bestimmt ist, als die Entwick-

lung der lebendigen Wesen. Wollen wir nun in dieser Geschlossenheit und Gesetzlichkeit der Veränderungen, in dem festgehaltenen Typus eines Wechsels den wesentlichen Character des Organismus finden, so können wir nicht bestreiten, dass auch das Planetensystem ein Organismus, die Veränderungen der Erdoberfläche ein Theil eines solchen sind, und die Ausdrücke organisch und unorganisch fallen nicht mehr als gleichbedeutend mit den andern, lebendig und unbelebt, zusammen. Dies letztere freilich nur in unserem Sinne, denn die geschilderten Ansichten tragen auch den Begriff des Lebens auf jene Erscheinungen über, und bezeichnen mit ihm jede durch eine Fügung der Natur in ihrer Gestalt und Entwicklung geordnete Form des Daseins. Wir dagegen finden in jenen Eigenthümlichkeiten, die wir als dem pflanzlichen und thierischen Dasein zukommend früher dargestellt haben, Grundes genug, um diese beiden Reiche der Natur nicht nur zu vereinigen, sondern sie auch unter dem ausschliesslich ihnen gewidmeten Namen des Lebendigen allem andern geordneten Dasein in der Natur gegenüberzustellen.

127. Wenn indessen die bezeichneten Ansichten auch die Grenzlinien zwischen einzelnen Gruppen der Erscheinungen anders vertheilen als wir, so geht daraus noch nicht hervor, dass sie nicht zur positiven Characteristik des idealen Inhalts des Lebendigen nach ihrem Princip schätzbare Beiträge liefern könnten. Aber aus andern Gründen wird doch auch diese noch zurückgebliebene Erwartung sehr getäuscht. In einem Reiche von Erscheinungen, dessen niederste Formen bereits unzweideutige Zeichen psychischen Lebens verrathen, lässt sich ein Entwicklungsprocess, der in fortschreitender Vergeistigung bestehen soll, allerdings in seiner allmählichen Vervollkommnung verfolgen. Classificationen des Thierreichs sind daher nach diesem Grundsatz stets am besten gelungen. Das vegetabilische Dasein dagegen zeigt weder in seinen niedrigsten noch in seinen höchsten Formen Erscheinungen, welche auf die Gegenwart eines psychischen Lebens in ihnen zu schliessen nöthigten, oder auch nur wenn wir ein solches bereits voraussetzten, als unzweifelhafte Aeusserungen desselben sich fassen liessen. Gleichwohl soll auch das Pflanzenleben eine Durchgangstufe jenes Processes sein, in welchem das Absolute sich selbst zum Bewusstsein zu verhelfen strebt; in wel-

chem Sinne lässt sich diese Annahme verstehen und durchführen? Eine Verbindungsweise materieller Substrate und physischer Processe, und eine solche ist das Einzige, von dessen Existenz in den Pflanzen wir mit Sicherheit überzeugt sind, kann auf dem Entwicklungswege des Absoluten zum Geiste, wie mir scheint, nur eine doppelte Bedeutung haben; sie ist entweder eine Vorbedingung, ein Mittel zur Erreichung irgend einer Stufe dieses Wegs, oder sie ist ein Resultat, hervorgegangen aus einer Rückwirkung des erreichten Vollkommenheitsgrades. Wir werden später Grund finden, uns ganz entschieden für das erste Glied dieser Möglichkeit zu erklären; die Ansichten dagegen, von denen wir sprechen, haben in ihren Ausführungen stets den zweiten Gesichtspunkt gewählt. Indem das Absolute mehr und mehr sich vergeistigt, drückt es seine erlangte ideale Vollendung zugleich in entsprechenden Formen des realen Daseins aus und obgleich die letztern für unsere Beobachtung noch keine Spur eines denkenden Lebens verrathen, ist in ihren Verhältnissen und Entwicklungen doch eine Form und Verbindungsweise sichtbar, welche eine mehr oder minder ausgebildete Stufe geistigen Daseins sprechend symbolisirt. So würden wir also in den Weltkörpern und den Pflanzen noch keine Seele bemerken, aber sie wäre doch unbemerkt von uns der schaffende Grund, aus dem die Gestalt und das Leben beider, als ein anschauliches Bild geistiger Beziehungen, hervorgeht. Oder wir können die nämliche Ansicht auch anders wenden. Wir können zugeben, dass das Absolute, die von innerem Drange getriebene schöpferische Substanz, auf der Entwicklungsstufe, auf welcher sie sich in die Gestalt der Pflanzen ergiesst, weder uns bemerkbar, noch unbemerkt von uns schon wirkliche Geistigkeit errungen habe. Sie sei vielmehr hier noch immer blind wirkende Macht; soll nicht dennoch das Verfahren einer Macht, deren letztes Strebensziel in der Hervorbildung des geistigen Lebens besteht, sich schon auf ihrem Wege dahin in solchen Formen zeigen, die das spätere Ziel voraus andeuten?

128. Dieser Gedankengang führt nun zu öden Symbolisirungen zurück, in denen der geistige Inhalt der Organisationen ebensowenig, als die Bedeutung ihres materiellen Baues verständlich wird. Soll geistiges Leben mit räumlichzeitlichen Erschein-

ungen verglichen oder in ihnen ausgedrückt gefunden werden, so kann man kaum anders verfahren, als dass man diejenigen Formen der Beziehung zwischen mehreren Elementen, die dem ersten als Bedingung unerlässlich sind, oder als Folge unausweichlich zukommen, hervorhebt und sie auf andere Beziehungspunkte, nämlich auf materielle überträgt, wobei freilich die Bedeutung, die ihnen dort zukam, unterwegs verloren gehen muss. Wenige Beispiele reichen zur Erläuterung hin. Volles Selbstbewusstsein setzt stets den Gegensatz des Subjectes zu einem Reiche von Objecten voraus, bestimmte Formen der Beziehung und des Benehmens gegen ein Aeusseres müssen deshalb in jedem geistigen Leben zu finden sein. Weiter aber besteht das Wissen von einem Objecte darin, dass das Subject nicht allein von ihm einen Einfluss erleidet, sondern diesen aufgedrungenen Eindruck in einen Zustand der Vorstellung verwandelt, in welchem das Aeussere selbst vergeistigt erscheint. So weist das wissende Subject alles Aeussere zurück, oder gestattet nur seinem selbst vergeistigten Abbild Zutritt zu sich. Das abstracte Beziehungsschema dieser Ereignisse kann nun allerdings eine symbolisirende Phantasie auch in den allgemeinen characteristischen Verhältnissen des Organismus, nämlich in den Phänomenen der Assimilation und der Reizbarkeit wiederfinden. Unorganisch würde dann alles sein, was durch äussere Gewalt sich in andere und immer andere Zustände ohne inneren Zusammenhang seiner Schicksale hineindrängen liesse; das organische Wesen dagegen würde weder die Stoffe der äussern Welt in ihrer elementaren Gestalt in sich aufnehmen, noch durch die Kräfte derselben sich seine Veränderungen endgiltig bestimmen lassen; es würde vielmehr jene seiner eigenen Substanz assimiliren, auf diese aber in einer Weise zurückwirken, die lediglich durch seine eigenthümliche Natur begründet wäre. So würde, was dort das Bewusstsein wissentlich thut, dasselbe hier die nicht wissende, sondern nur wirkende Natur unbewusst vollziehen, dadurch aber als Vorstufe künftiger geistiger Entwicklung sich zeigen. Aber das Subject besitzt gegen das Reich der Objecte nicht nur diese Selbständigkeit, sondern setzt ebenso nothwendig, um vollständig zum Bewusstsein seiner selbst zu gelangen, eine vielfache Bethätigung jener Assimilation, mithin einen Reichthum äusserer Einflüsse

voraus. Nur durch den Kampf mit ihnen und durch ihre Ueberwindung ist seine Entwicklung möglich. Ebenso besitzt auch der Organismus nicht nur die Fähigkeit der Assimilation für den möglichen Fall eines Verkehrs mit äussern Objecten, sondern sein Leben ist ausdrücklich auf Wachsthum, auf ein Hereinziehen des Aeusseren zu seinem Dienste gegründet. Nicht weniger zeigt endlich die Fortpflanzung des Organischen Analogien mit der Bildung des Wissens; ja überhaupt, wenn geistiges Dasein nicht als ein ruhendes, sondern nur als Entfaltung eines Keimes in eine Mannigfaltigkeit und doch zugleich als eine Sammlung dieser auseinandergehenden Existenz in die Einheit eines Mittelpunktes gedacht werden kann, so zeigt das ganze Leben der organischen Wesen gerade davon ein so vollkommenes Gegenbild, dass selbst die Ausdrücke, durch die wir diese Stadien der geistigen Entwicklung bezeichnen, der Erscheinung des Pflanzenlebens metaphorisch entlehnt werden. Anstatt jedoch diese Beispiele zu häufen, haben wir ihnen vielmehr ein Wort der Kritik hinzuzufügen. Was gewinnen wir eigentlich, wenn wir auf diese Weise den idealen Gehalt des organischen Lebens auf eine symbolische Darstellung der Grundformen des geistigen Lebens zurückführen? Können wir uns ernstlich das Entwicklungsstreben des Absoluten darauf gerichtet denken, in Ermangelung des concreten Inhalts, der zu verwirklichen ist, vorläufig wenigstens die Form desselben, die leere Hülse ohne Kern zu realisiren? Mag die Assimilation, das Wachsthum, die Generation auch immer gleiche und ähnliche Verhältnisse zwischen materiellen Elementen aufweisen, wie sie im geistigen Leben zwischen dem wissenden Subject und dem gewussten Object stattfinden, so sind es doch eben nicht Beziehungen zwischen Subject und Object, so wird doch in ihnen eben nicht geistiges Leben vermittelt. Betrachten wir aber jene Formen nicht als äusserliche Gestalten eines in ihnen sich bewegenden wirklichen Processes, sondern als Formen allein, so können sie auf einen ihnen eigenthümlichen Werth eben so wenig Anspruch machen, als jene andern, welche von den ästhetischen Ansichten gleich von vorn herein ohne alle Rücksicht auf einen concreten Inhalt verehrt wurden. Auch von diesen metaphysischen Ansichten müssen wir daher ohne Beistimmung scheiden; es widerspricht jeder gesunden Weltauffassung, einen Theil

des Daseins nur als Symbol für den andern zu fassen oder als einen verunglückten, höchstens formell einigermassen gelungenen Versuch der schaffenden Kraft, eine höhere Art des Daseins zu verwirklichen.

129. Wir haben oben schon angedeutet, auf welche Weise wir auch diesem Standpunkte ein brauchbares Resultat abgewinnen können. Die Formen des Lebens dürfen nicht als Symbole des Bewusstseins, sondern als Mittel zu seiner Herstellung, als Grundlage eines verwirklichten gefasst werden. Dies schliesst natürlich ein, dass auch in den Pflanzen ein Bewusstsein auf irgend eine Art realisirt sei; denn wir können nicht annehmen, dass ein bedeutender Theil der Schöpfung nur als gefälliges Ornament für den Wohnplatz des andern bewussten Theils vorhanden sei. Da endlich überhaupt ein Dasein nur für Anderes, nicht für sich selbst aus vielen Gründen ein zurückzuweisender Gedanke sein würde, so können wir insoweit den erwähnten Ansichten beistimmen, dass auch wir nicht nur in den Thieren, sondern in allem Dasein das geistige Leben als das bestimmende Princip aller Formen betrachten. Aber wir sehen dieses psychische Leben als überall verwirklicht an, nicht als ein Ideal, dem ein Theil der Schöpfung nur in bewusstlosem Traum zustrebte. Wir entledigen uns daher des unbehilflichen Gedankens eines Absoluten, das durch eine anfänglich blinde Wirksamkeit sich zum Bewusstsein emporarbeite, und sehen, ohne auf andere hiermit freilich zusammenhängende Räthsel einzugehen, den Weltlauf für ein System von Lagen und Gelegenheiten an, geschickt, dem geistigen Leben, welches sich in der Natur jedes einfachen Seienden begründet findet, zu einer Entwicklung zu verhelfen. Unter diesen Voraussetzungen erscheint uns das Lebendige durch einen bedeutsamen Unterschied vom Unlebendigen getrennt. Es ist nicht eine Form des Daseins, die von einer höheren Stufe des Geisteslebens als symbolischer Abdruck hervorgebracht wird, sondern es ist ein höher entwickeltes System von Mitteln, zum Dienste des geistigen Daseins. Alles Unorganische ist den Wechselfällen der äussern Umstände so unterworfen, dass es zwar mannigfache Perceptionen, aber keinen Zusammenhang derselben, keine allmähliche Entwicklung seines geistigen Daseins nach einem vorbestimmten Plane erfahren kann; organische Wesen dagegen sind

Verknüpfungen einfacher Elemente nach einem bestimmten Plane des Zusammenhangs und sie gestatten durch alle die Eigenthümlichkeiten ihrer Combinationsweise, die wir früher erwähnten, jedem einzelnen in ihnen enthaltenen Elemente eine fortschreitende Steigerung und Entwicklung seiner Zustände, sei es nun, dass unter diesen Elementen eine einzige Seele an einen vorzüglichen dominirenden Platz gestellt, alle Früchte dieser Entwicklung, wie in dem thierischen Organismus, in ihrem Leben concentrirt, oder dass, wie wir es in den Pflanzen vermuthen müssen, nur die einzelnen Wesen, welche sie bilden, jedes für sich eine Perception der Lage des Ganzen und seines Lebenslaufes in sich ausbildet. Diese Ansicht nun, die wir übrigens hier nicht lehren wollen, sondern nur hypothetisch vortragen, lässt sich mit dem in 123 Berührten verbinden. Es blieb dort dahingestellt, welches die Einrichtung sei, die der Organismus als Mikrokosmus dem Weltall nachahme. Fassen wir nun hier die reale Welt als das umfassende System zur Verwirklichung der idealen, so ist auch der lebendige Organismus mikrokosmisch eine Welt planmässig und systematisch geordneter Verhältnisse, an denen sich ein zusammenhängendes geistiges Leben entwickeln kann.

130. Wir wollen die dritte Gruppe von Ansichten, die hier noch zu erwähnen ist, die der teleologischen nennen, denn unter diesem Namen, der ihnen freilich nicht eigentlich ausschliesslich gehört, sind sie verrufen. Sie gehen von Voraussetzungen aus, die wir durchaus theilen. Das volle concrete Leben, das uns umringt, die ganze mannigfaltige Fülle, Glückseligkeit und Trübsal der Welt sehen sie nicht als einen Apparat an, durch den einfache mystische Formen oder eine Entwicklung des abstracten Bewusstseins allein realisirt werden soll; sie meinen vielmehr, gerade diese buntfarbige Welt und ihr formenreiches Leben sei eben der Zweck selbst, der zu verwirklichen war. Gefühle und Strebungen, Lust und Genuss laufen nicht als zufällige Nebenproducte dem Processe des Sichselbstbewusstwerdens mit unter, sondern die Welt ist eine Veranstaltung eines guten göttlichen Geistes zur Hervorbringung unzähliger Güter, die von einzelnen Wesen nicht nur theoretisch beaugenscheinigt und in Begriffe verwandelt, sondern mit aller Intensität des Gefühls genossen und ausgekostet werden sollen. Vor dieser eudämonisti-

schen Aufgabe, unendlich mannigfache Lebenslust hervorzubringen, verbleichen alle jene der Welt von der Speculation vorgesteckten Ziele der Realisirung gewisser Formen oder Begriffsverhältnisse als leere, nichtige Spiele. Nur so weit die Formen der Erscheinungen zweckmässig für dieses Ziel sind, haben sie Werth; nirgends aber gibt sich die Natur die Mühe, ohne Rücksicht auf dies Ziel sich in Darstellungen von Ideen zu ergehen. Wie kraftvoll und eindringlich diese Art der Auffassung im Vergleich zu jener erzwungenen Mystik ist, die in der Natur gern etwas weniger Oberflächliches realisirt wünschte, das anzubeten ihr doch selber zuletzt langweilig wird, dies besonders hervorzuheben ist kaum nöthig. Aber auch das brauchen wir nicht hinzuzufügen, wie sehr diese Ansicht zu der beschränktesten, verkehrtesten und nüchternsten Auffassung des Werthes der Erscheinungen hinneigt, so lange sie die zu realisirende Lust unbestimmt lässt, und es jedem Einzelnen anheimstellt, was er sich wohl als den grössten Genuss und folglich als das höchste Ziel, welche Einrichtung der Welt als die zweckmässigste denken wolle. Die namenlose Trivialität, in welche diese Teleologie ganz besonders in der Deutung der organischen Gestalten und Functionen verfallen ist, lebt in so frischem Andenken, dass wir nicht nöthig haben, es durch Anführung von Beispielen zu erneuern.

131. Die ungeschickte Ausbeutung eines Princips schmälert indessen doch seine Bedeutung nicht. Ohne Zweifel haben die teleologischen Ansichten Recht, wenn sie im Allgemeinen den Zweck der Welt in Realisirung von Gütern setzen. Sie werden im Einzelnen nicht minder häufig Recht haben, wenn sie den Grund der Bildung irgend eines organischen Theils einzig in seiner Zweckmässigkeit suchen. Dass die Geweihe und Hörner einem Thiere als Schutz- und Angriffswaffe gegeben sind, wird stets eine natürlichere Ansicht sein, als die Behauptung, dass sie nur als integrirende Theile eines ästhetischen oder ideal bedeutsamen Typus der Bildung hervorwachsen. Indem wir über dies Alles uns auf die Kritik zurückbeziehen, die wir über die teleologischen Vorstellungen schon früher versuchten (44 ff.), wollen wir eine wesentliche Correction derselben, obgleich wir an diesem Orte nicht im Stande sind, sie auszuführen, wenigstens vorläufig andeuten. Das Verwirrende der Naturauffassungen, welche

in der Schöpfung ein System von Mitteln und Zwecken sehen, hängt von demselben Mangel ab, dem eudämonistische Ansichten überhaupt so oft unterliegen. Man sucht in der Lust in jeder beliebigen Form und um jeden beliebigen Preis das hochste Ziel des Daseins. Allein so wie wir ein Kunstwerk tadeln, das die Gemüthsbewegung, auf die freilich jede Kunst hinarbeiten muss, durch andere Mittel zu erzwingen sucht, als durch die Darstellung der Wahrheit der Welt selbst, so werden wir auch im Ganzen der Wirklichkeit nicht eine gestaltlose Lust überhaupt, sondern nur dasjenige Glück als höchstes Ziel betrachten dürfen, welches aus bestimmten Formen des Daseins und Werdens entspringt. Es ist die Aufgabe einer ethischen Philosophie, zu zeigen, wie der Weltbau, obgleich auf die Erzeugung der Güter gerichtet, doch nicht um jeden Preis, sondern mit Aufrechthaltung der ursprünglichen Heiligkeit gewisser Verhältnisse, dieses Ziel suchen darf; oder vielmehr zu zeigen, wie aus dem wahren Begriffe des höchsten Gutes selbst sich sogleich festzuhaltende Formen des Daseins und der Entwicklung ergeben, die als nie zu überspringende Schranken der Gestaltung in allen Bildungen wiederkehren, und ohne auf einen speciellen Zweck der Lust gerichtet zu sein, als Zeugen für das Princip des Ganzen eine unmittelbare Nothwendigkeit besitzen.

Noch fehlt Vieles an der Lösung dieser letzten Aufgabe und an der Möglichkeit, jenen idealen Ausdeutungen des Lebens, unter deren Einflusse wir unbewusst doch alle fortarbeiten, die volle Ueberzeugungskraft wissenschaftlicher Sätze zu gewinnen. Ob wir dies beklagen sollen, wissen wir nicht. Verloren ist uns der Inhalt jener Ahnungen auch jetzt nicht, und die grössere Bestimmtheit der theoretisch gebildeten Form, das einzige, was die Wissenschaft ihm noch mehr gewähren könnte, würde uns kaum für die unmittelbare Lebendigkeit seines ästhetischen Eindrucks entschädigen, den wir opfern müssten. Es ist nicht nöthig, dass alles Wissenschaft werde; Vieles ist uns völlig klar und unverborgen, was doch jede begriffliche Fassung verschmäht; auf unerforschliche Grundlagen weist unsere Anschauung überall zurück; selbst die Versuche mechanischer Erklärung endeten

mit Grundsätzen von unbekannter Herkunft und Giltigkeit. So schweben unserm Wissen die höchsten Ideen der Welt zwar lebendig, doch traumhaft vor und in dem Geflecht ihrer tiefsten Gründe verlieren wir uns. Aber gerade wenn wir das überblicken, was unsern Augen offen steht, die grosse mittlere Breite der Erfahrung, drängt sich die volle Zuversicht zu der Richtigkeit und der Kraft jener Grundsätze uns doch mit erneuter erfrischender Gewalt auf. Das, was widerlegbar ist an unsern Voraussetzungen über die Dinge, darf eine methodologische Untersuchung vernichten; das was nur unbeweisbar ist, hat sie dieser andern Prüfung zu überlassen. Mit offnen Augen die Welt überblickend, lassen wir den vereinigten Eindruck ihrer Erscheinungen auf uns wirken, vor dessen lebendiger Evidenz jedes willkührlich ersonnene Princip eines künstlichen Gedankenganges ebenso wohl verschwindet als die Nebel, welche uns an der Anerkennung der wirklichen Gründe der Welt hinderten.

ZWEITES BUCH.

VON DER MECHANIK DES LEBENS UND DEM HAUSHALT DER LEBENDIGEN KÖRPER.

ERSTES KAPITEL.

Vom Chemismus des Stoffwechsels.

---

§. 15.

Von der Bedeutung des Stoffwechsels.

132. Alle lebendigen Wesen erscheinen uns als Mittelpunkte eines unablässigen Stoffverkehrs; beständig strömen ihnen aus der Umgebung Stoffe zu und treten andere aus ihnen in das allgemeine Spiel der Elemente zurück. Besteht die Lebensaufgabe eines Geschöpfes in der allmählichen Ausbildung einer wachsenden Körpergestalt, so ist damit die Nothwendigkeit einer bis zu ihrer Vollendung andauernden Massenzufuhr gegeben. Nur wenige Elemente jedoch bietet die äussere Umgebung, die ohne Umbildung für die Zwecke des Lebens verwendbar sind; die meisten bedürfen einer chemischen Vorbereitung, in deren Verlauf unverwendbare Nebenproducte abfallen und in die äussere Welt zurückkehren. So entsteht neben der Einfuhr auch eine Massenausfuhr, und auf diese Art derselben scheint das Leben der Pflanze sich zu beschränken; nur die langsame Zersetzung einzelner absterbender Theile vermehrt sie noch durch eine unbeträchtliche Abscheidung von Stoffen, die in den inneren Verband des Organismus wirklich aufgenommen gewesen sind. Dagegen kennen wir ausser der Aufgabe, seine Gestalt in der Fülle ihrer ästhetischen Bedeutsamkeit zu entwickeln, keine andere Leistung, die dem Pflanzenkörper obläge, und deren Ausführung die Zusammensetzung seines schon ausgebildeten Baues gefährden könnte. Zu der Annahme, dass auch in der Pflanze die ge-

formte Körpersubstanz einem beständigen Wechsel unterliege, könnte uns daher höchstens die Betrachtung veranlassen, dass organisches Wachsthum nicht in einfacher Hinzufügung neuer Bestandtheile bestehen könne. Als ein geschlossenes Ganzes scheint ein lebendiges Wesen keine Aufnahme neuer Theile ohne eine solche Umbildung auch seiner schon bestehenden Masse ertragen zu können, durch welche Altes und Neues wieder in eine proportional zusammengesetzte Einheit verschmelzen. Die Entwicklung wird mithin auf den früheren Stamm der Bestandtheile zurückwirken, und auch in ihm vielleicht eine gewisse Menge von Stoffen, als unter den veränderten Umständen nicht mehr benutzbar ausscheiden und sie durch Zufuhr anderer Massen ersetzen. Inwieweit nun die Voraussetzung eines so engen Geschlossenseins des Organismus richtig sei, ist im Allgemeinen schwer zu entscheiden, aber gewiss, dass sie keineswegs allgemein, wahrscheinlich, dass sie nicht einmal in grosser Ausdehnung sich bestätigt. Von so pedantischer Strenge ist der Zusammenhang der Theile zu einem Ganzen weder in Pflanzen noch in Thieren, dass nicht ein Zutritt neuer Elemente und eine Fortentwicklung einzelner Theile auch ohne alle bemerkliche Zurückwirkung auf das Ganze der Bildung möglich wäre. Viele Theile sind vielmehr sehr locker unter einander verbunden und gestatten ein Wachsthum, das durch seine Unabhängigkeit von dem Ganzen des Körpers sich der Apposition nähert. Selbst der Thierkörper besitzt in seiner ganzen Masse nur einen dünnen Stamm von Bestandtheilen, dessen Gleichgewicht so sensibel ist, dass die Umformung eines Theils eine umgestaltende Rückwirkung auch auf die übrigen ausübt. Wir haben daher keinen zwingenden Grund, einen Wechsel der Substanz auch in den Pflanzen zu vermuthen. Dagegen überzeugen uns bekannte Erfahrungen, dass der Körper der Thiere auch in Zeiten, in denen seine Gestaltbildung keine weiteren Fortschritte macht, einer beständigen chemischen Umbildung und Erneuerung seines Baues unterworfen ist. Es liegt nahe, sich diesen Stoffwechsel in nothwendiger Beziehung zu jenen Leistungen stehend zu denken, die der ausgebildete thierische Leib, unähnlich darin den Pflanzen, als seine eigentliche Lebensaufgabe nun erst auszuführen hat. Wir versuchen deshalb, die umfassende Bedeutung des Stoffwechsels für das thierische Leben darzustellen,

und es wird nicht unmöglich sein, die einfachere Form des vegetabilischen Stoffverkehrs dem allgemeinen Princip unserer Betrachtung später wieder anzuschliessen.

133. Die teleologische Voraussetzung, dass die Natur den lebenden Körper zur Selbsterhaltung gegen Einflüsse von aussen her bestimmt habe, ist, deutlich vor allem für das thierische Leben, keine willkührliche Annahme, denn wir sehen die Thatsache dieser Selbsterhaltung als Folge der Lebensverrichtungen in der Erfahrung vorliegen. Wir werden daher auch jetzt von ihr Gebrauch machen, um das allgemeine Princip zu finden, auf welches die Natur den thierischen Haushalt und dadurch mittelbar alle übrigen Erscheinungen des Lebens gegründet hat. Wollten wir indessen ganz im Allgemeinen diese Frage beantworten, wie ein System zusammengehöriger Massen wohl fähig gemacht werden könne, sich im Streit gegen äussere regellose Einflüsse einem inwohnenden Plane gemäss zu entwickeln, so würde es vielleicht mancherlei Möglichkeiten geben, die wir überlegen müssten, wenn uns nicht die Beobachtung sogleich auf eine Verfahrungsweise hinführte, die wir wirklich angewandt sehen, und von der sich leicht nachweisen lässt, dass sie alle Forderungen jenes Zweckes vollständig erfüllt. Ein System nämlich, das sowohl seiner Gestalt als seinen Bestandtheilen nach unveränderlich wäre, würde sich zu jener Aufgabe in einer sehr schwierigen Stellung befinden; dagegen bietet das Princip wechselnder Massen, im Stoffwechsel der thierischen Körper angewandt, ebenso viele Vortheile für ihre Erfüllung dar, die am deutlichsten erhellen werden, wenn wir die Nachtheile einer entgegengesetzten Einrichtung im Einzelnen beleuchten.

134. Soll irgend eine von aussen wirkende Gewalt abgewehrt werden, so bietet sich der Gedanke einer direct entgegengesetzten Rückwirkung immer am ersten dar, allein es lässt sich leicht zeigen, dass schon für sehr einfache Fälle, noch viel mehr aber für die zusammengesetzten Verhältnisse des Lebendigen diese Art der Vertheidigung eine sehr unanwendbare sein würde. Einen Körper, den ein Stoss aus einer geradlinigen Bewegung ablenkte, bringt ein gleicher Gegenstoss auf seinen resultirenden Weg zwar in seine frühere Richtung, aber doch nicht in seine frühere Bahn, sondern nur in eine Parallele derselben zurück.

Befand er sich an einem Orte in Ruhe und riss ein momentaner Impuls ihn einmal fort, so vermag ein einfacher entgegengesetzter Stoss ihn seiner früheren Lage nicht wiederzugeben. Denn dem forttreibenden Impulse gleich würde er ihn an dem neuen Orte, wo er auf ihn einwirkt, zur Ruhe bringen; ihm überlegen würde er den Körper rückwärts über seine frühere Lage hinausführen, wenn nicht neue Bedingungen ihn in dieser festhielten. Denken wir uns endlich ein System zusammengehöriger Massen, die in bestimmten gegenseitigen Lagen aneinander haften sollen, ohne doch durch unüberwindliche Kräfte darin festgehalten zu werden, so wird hier zwar auch jeder Einfluss einer äussern Störung mit einer einfachen Verschiebung der zuerst von ihm getroffenen Massen beginnen, aber diese wird sich vermöge des Zusammenhangs der Theile auf alle übrigen Massen mit verschiedener Geschwindigkeit vertheilen, so dass das Verhältniss jedes Theils zu jedem andern, und zwar am häufigsten jedes dieser Verhältnisse in verschiedenem Grade und verschiedenem Sinne gestört wird. Hier würde mithin zur Herstellung der früheren Form nicht ein Gegenstoss der heilenden Kraft hinreichen, sondern sehr viele, sehr verschiedene und äusserst genau zu einander abgepasste Gegenwirkungen würden nöthig sein, um alle Theile eines so erschütterten Systems in ihre vorigen Lagen zurückzuführen.

135. Dächten wir uns, um diese Verhältnisse an einem Beispiele zu verdeutlichen, auf einen der Himmelskörper, welche unser Planetensystem zusammensetzen, einen plötzlichen Stoss ausgeübt, der nicht in demselben Augenblicke durch einen geraden Gegenstoss unwirksam gemacht würde, so fände im nächsten Momente eine solche heilende Gegenwirkung alle Verhältnisse schon viel zu sehr verschoben, um ihrer Wiederherstellung gewachsen zu sein. Die Dislocation des einen Planeten würde nicht nur ihn selbst aus seiner Bahn treiben, sondern durch das Band der Schwere würde er allen übrigen einen Impuls nach derselben Richtung mittheilen, dessen Erfolg sich aber nach den verschiedenen Massen der Planeten, nach dem Ort, in dem sich jeder im Moment der Einwirkung befand und nach der Geschwindigkeit, die er an diesem Orte besass, höchst mannigfach abstufen würde. Und diese neuen Verhältnisse, in welche dadurch die übrigen Planeten gebracht worden wären, würden ihren ge-

genseitigen Anziehungen wieder neue Veranlassung zu veränderten Wirkungen geben; die durch die Erschütterung genäherten würden stärkere, die durch sie entfernten schwächere Einflüsse auf einander ausüben. So reicht in einem noch so einfachen Systeme schon ein einmaliger Anstoss hin, um nicht nur eine einmal abgethane Veränderung hervorzubringen, sondern durch eine lavinenartig sich vergrössernde Verschiebung der Verhältnisse das ganze bestehende Spiel von Bewegungen in eine neue, nie von selbst und nie durch einen einfachen Gegenstoss zu ihrem vorigen Typus zurückkehrende Form der Entwicklung hineinzudrängen.

136. Ein solches System nun ist, seinem allgemeinsten Begriffe nach, jeder lebendige Körper, und er steht nicht nur einem solchen Stosse, sondern unzähligen offen, und diese vielen Störungen treten nicht nach irgend einer berechenbaren Regel, sondern völlig principlos ein, sie verbinden sich endlich, obwohl von geringer Stärke meistens, in jedem Augenblick in immer neuen wechselnden Combinationen. Wenig wahrscheinlich ist es nun sogleich, dass so complicirte Gegenkräfte und zwar so veränderlicher Art, wie sie zur Abwehr dieser Gefahren nöthig wären, im Organismus wirklich vorkommen sollten; viel einfacher würde eine Selbsterhaltung ausfallen, wenn sie sich der Mühe überheben könnte, für jede Störung eine der Qualität derselben direct entgegengesetzte Rückwirkung aufzubieten, das heisst, wenn sie ein Verfahren fände, den verschiedensten Störungen auf eine gleichförmige Art auszuweichen.

137. Nehmen wir indessen noch einmal an, dass wirklich gegen jede specifische Störung ebenso specifische Gegenkräfte von dem Organismus aufgeboten werden müssten, was regt dann ihre Wirksamkeit so an, dass sie im Momente der Gefahr in der erforderlichen Grösse und Richtung hervorbrechen? Wollen wir nicht über alle nothwendigen Grenzen naturwissenschaftlicher Erklärungen hinaus einen schützenden Genius im Körper wohnen lassen, der in jedem Augenblicke nicht nur die Mittel der Abwehr erfindet, sondern sie auch in Bewegung setzt, so müssen auch diese heilenden Gegenwirkungen an vorangegangenen Bedingungen mit physischer Nothwendigkeit hangen und von diesen ausgelöst werden. Solche Bedingungen aber könnten, wenn die

Rückwirkung der Störung überall entsprechen soll, nur in der letztern selbst liegen, und durch die nächsten Wirkungen, welche sie im Körper hervorbrächte, müsste sie vermöge des Zusammenhangs seiner Theile die zu ihrer eigenen Vernichtung dienenden Kräfte herausfordern. Bei einiger Bekanntschaft mit dem, was im lebendigen Körper vor sich geht, kann man nicht läugnen, dass eine solche Selbstvernichtung der Störungen in einer gewissen Ausdehnung wirklich vorkommt, allein sie für das allgemeine Princip der Selbsterhaltung des Lebendigen anzusehen, halten uns zwei Gründe ab. Einmal würde auch diese Annahme bei der Unberechenbarkeit der äussern Störungen eine so grosse Mannigfaltigkeit glücklicher Verhältnisse voraussetzen, wie wir sie im lebenden Körper bei aller Zweckmässigkeit seines Zusammenhanges doch kaum vermuthen dürfen. Dann aber, was das Wichtigere ist, würde jede auf die Abwehr einer äussern Störung gerichtete, in irgend einem Augenblicke aber erst durch diese hervorgerufene Thätigkeit für den Körper beinahe ein ebenso grosses Uebel, eine Quelle eben so grosser Zerrüttung werden können, als die Störung selbst. Mit der Heftigkeit der letztern müsste auch Grösse und Heftigkeit der heilenden Thätigkeit wachsen; diese plötzlich und stürmisch aufspringenden Reactionen aber würden den Körper so sehr erschüttern, dass auch für sie wieder eine besondere besänftigende Heilkraft nothwendig werden würde. Es ist nicht schwer, auch dies in der Erfahrung nachzuweisen; wir finden häufig, dass die Rückwirkungen, die wirklich von der Natur zur directen Ausgleichung eines Krankheitsreizes angeordnet scheinen, mit bedeutender Erschöpfung enden. Möchte indessen auch ein lebendiges System künstlich genug eingerichtet sein, um diese Stürme seiner eigenen Vertheidigung zu überstehen, so muss man doch bedenken, dass es nicht die Aufgabe des lebenden Körpers ist, dieses Kunststück feinster Mechanik darzustellen. Ausser der Selbsterhaltung hat vielmehr der thierische Körper noch andere Functionen zu erfüllen, in denen seine wahre Bestimmung besteht, und zu denen alle jene künstlichen Vorbereitungen nur die schützende und haltende Grundlage bilden. Es würde jedoch schwer vorzustellen sein, wie mit der oben vorausgesetzten Einrichtung heilender Reactionen jene ununterbrochene Leichtigkeit und Stetigkeit dieser wesentlichen Functionen

vereinbar sein sollte, deren wir uns in Wirklichkeit erfreuen, und zu deren Gunsten die Selbsterhaltung des Körpers auf die geräuschloseste Art eingerichtet sein muss.

138. Indem wir die Mängel der schon betrachteten Verfahrungsweisen zu tilgen suchen, kommen wir Schritt für Schritt jener andern näher, die wir für die wirkliche Veranstaltung der Natur halten. Um die Uebelstände zu vermeiden, die entstehen würden, wenn jede Rückwirkung erst im Momente der Gefahr provocirt werden müsste, könnten wir annehmen, dass diese heilenden Thätigkeiten vielmehr immer fortgehen, und dass durch ihren beständigen Strom die Störungen mühelos absorbirt werden. Damit aber ist die Annahme einer specifischen Abwehr gegen jede specifische Gefahr nicht ferner vereinbar; denn sie würde um allen Möglichkeiten zu entsprechen, in jedem Augenblicke unendlich viele Kräfte in unendlich verschiedenen Abstufungen und Verbindungen thätig voraussetzen müssen. Anstatt eines solchen unglaublichen Gewebes von Vertheidigungsmitteln zeigt uns die Erfahrung nur den einen grossen Process des Stoffwechsels, der ununterbrochen seinen Gang geht, und auch da nicht aufhört, ja selbst in seiner Grösse nicht beträchtlich herabgesetzt wird, wo bei möglichster Vermeidung aller äussern Reize augenblicklich kein dringender Grund zum Wiederersatz etwa unbrauchbar gewordener Massen vorliegt. In ihm allein könnten wir mithin den Ausdruck dieser nie ruhenden, sondern immer wachsamen Widerstandskraft des Lebendigen finden, die, obwohl vielleicht zuweilen unnöthig, doch unermüdlich fortwirkend, nicht nur gegenwärtigen, sondern selbst möglichen Störungen begegnet. In seinem fortwährenden gleichartigen Verlaufe aber finden wir diesen Widerstand nicht so organisirt, dass der lebendige Körper sich nach der Art der Störung gewissenhaft richtete, um eine entgegengesetzte Rückwirkung derselben Art zu entfalten; er antwortet vielmehr auf jede Störung, ohne sich auf ihre nähere Eigenthümlichkeit tiefer einzulassen, immer nur durch die Vergänglichkeit seiner Bestandtheile. Wo ein Reiz einzelne Theile des Körpers aus ihren natürlichen chemischen Verhältnissen oder aus ihrer gegenseitigen Lage gebracht hat, da bemüht sich die Natur nicht, das Abnormgewordene wieder zu normalisiren, sondern sie überlässt es der Zerstörung, in welche es seine chemi-

schen Wirkungen entweder von selbst oder unter den jetzt krankhaft veränderten Umständen hineinziehen, und nach der Ausstossung des nicht mehr Tauglichen regenerirt sich der Organismus durch die fortdauernde Wirkung der übrigen Theile, in denen das beständige Gesetz seiner Bildung ein thätiges Substrat behalten hat. Anstatt eines directen Widerstandes gegen die Störung sehen wir daher im Körper die Taktik eines gleichförmigen Ausweichens befolgt, und sie allein ist in der That durch einen und denselben Process, den Wechsel veränderlicher Massen, möglich, während jede directe Vertheidigung eine unberechenbar veränderliche Entfaltung verschiedener Hilfsmittel verlangen würde. Eine Wunde wird nicht durch unmittelbare Wiedererhöhung der cohäsiven Kraft in den getrennten Theilen geschlossen, eine zu grosse Erwärmung des Körpers nicht durch eine unmittelbare Kälteerzeugung ausgeglichen; in beiden Fällen reicht der Austritt flüssiger im Gefässsystem stets bewegter Massen hin, die Heilung zu bewirken, im ersten Falle durch die Verfestigung ihrer gerinnbaren, im zweiten durch die Verdunstung ihrer wässrigen Bestandtheile.

139. Sehen wir auf diese Weise den Stoffwechsel, abgesehen von seiner Wichtigkeit für die Gestaltbildung, als einen Process an, der hauptsächlich zum Schutze des Körpers gegen eventuelle Störungen vorhanden ist, so kann man eine solche fortgehende Thätigkeit, deren Nutzen nur in wenigen Augenblicken der Gefahr hervortritt, für eine der Sparsamkeit der Natur nicht entsprechende Verschwendung der Hilfsmittel ansehen. Zwar werden wir bald nachweisen können, dass jene Störungen nicht nur in einzelnen Augenblicken eintreten, dass vielmehr der thierische Körper eine unerschöpfliche Quelle beständiger innerer Störungen besitzt, allein auch ohne dies, und ohne im Allgemeinen die Bedeutsamkeit jenes Princips der Sparsamkeit zu bezweifeln, müssen wir doch seine Anwendbarkeit in dieser Weise bestreiten. Nur für uns Menschen kommt bei unsern Werken die kostspielige Grösse der angewandten Massen und Kräfte in Betracht; für die Natur dagegen ist Sparsamkeit gleichbedeutend mit Consequenz; sie geizt nicht mit Massen, sondern mit Principien. Behauptet man daher, die Natur suche alle ihre Zwecke auf dem kürzesten Wege zu erreichen, so glauben wir diesen Satz dahin

berichtigen zu müssen, dass die Natur nicht jeden einzelnen, sondern dass sie eine Gesammtheit von Zwecken auf dem kürzesten Weg zu erfüllen suche. Um irgend ein einzelnes Ziel zu erreichen, gibt es wohl vielleicht einfachere und kürzere Wege, als diejenigen, welche die Natur einschlägt, aber diese Wege würden sie zu andern Principien ihres Verfahrens nöthigen, als sie bei Erreichung ihrer übrigen mit jenem Ziele zu einem grösseren Plane verbundenen Absichten verfolgt. Eine solche Vielfarbigkeit der Verfahrungsweisen vermeidet sie, und die nöthigen Erfolge lieber durch Aufopferung grösserer Massen auf dem Wege ihres allgemeinen Princips erkaufend, sucht sie auch hier eine Selbsterhaltung des Körpers gegen Störungen durch dieselben Mittel zu erreichen, deren sie sich bei der Ausbildung seiner Gestalt bediente.

140. Eben so irrig würde man einwenden, dass unsere Ansicht den thierischen Stoffwechsel nicht sowohl zur Begründung der Lebensfunctionen selbst, sondern auf unwahrscheinliche Weise nur zur Beseitigung möglicher Störungen derselben bestimme. Jene Störungen sind keine aus der Ferne nur zuweilen drohenden Gefahren; sondern der wesentliche Begriff alles thierischen Lebens schliesst dies ein, dass es unablässig von mathematisch völlig regellos eintreffenden äussern Einflüssen gereizt, diese zu einer Welt von Empfindungen umwandele, und dass es ebenso völlig regellosen Anregungen der Seele durch Bewegungen der Glieder antworte. Betrachten wir nun den thierischen Körper als ein System zusammengehöriger nach einer bestimmten Form angeordneter Massen, so sind Empfindung und Bewegung ohne Zweifel als Störungen seines ursprünglichen Gleichgewichts zu fassen. Sehen wir daher den Stoffwechsel als ein Mittel zur Abwehr von Störungen an, so sind doch diese selbst in den Plan des thierischen Lebens aufgenommen, und ein völlig störungsloser Zustand, der eine Veranlassung des Stoffwechsels nicht enthielte, kann nicht blos zufällig, sondern dem Princip des Lebens nach, niemals vorkommen. Ist die Körpergestalt eines Thieres, dem Vorbilde seiner Gattung entsprechend ausgebildet, der letzte Zweck, welchen die physischen Kräfte des Organismus hervorzubringen trachten, so ist doch dieses vollendete Erzeugniss für die Seele wiederum nur ein Werkzeug höherer Thätigkeiten; die

Impulse der Seele greifen ebenso feindlich in dieses Getriebe des Organismus ein, wie die äusseren Einflüsse, und was wir von dem teleologischen Standpunkte des geistigen Lebens aus Functionen des Körpers nennen, das sind von einem physischen Gesichtspunkte betrachtet, immer zugleich Störungen seines ursprünglichen mechanischen Bestandes. Der Diener wird nicht nur von äusseren Zufällen beschädigt, sondern auch die Ansprüche des Gebieters sind für sein Bestehen häufig aufreibende Erschütterungen.

141. Nach allen bisherigen Betrachtungen nun würde es eine sehr unzweckmässige Veranstaltung der Natur sein, wenn die Zersetzung der Stoffe, die meistens ihrem Wechsel vorangehen muss, durch Aufgebot besonderer Kräfte in jedem Augenblicke erst bewirkt werden müsste. Diese Schwierigkeit hat man sich selbst geschaffen, indem man irre geleitet von dem äussern Ansehn der Fäulniss nach dem Tode, die Bestandtheile des Körpers während des Lebens nur durch eine eigenthümliche Lebenskraft in ihren gegenseitigen chemischen Verbindungen festgehalten glaubte, aus denen sie sich mit dem Nachlass dieser Kraft ablösten, um ihren natürlichen Wahlverwandtschaften zu folgen. Man muss vor allem sich nicht durch die grosse Uebertreibung imponiren lassen, die in dem gewöhnlichen Ausdruck dieser Ansicht liegt. Keineswegs alle organischen Substanzen sind von dieser ausserordentlichen Zersetzlichkeit, die er vermuthen lässt; sehr viele im Gegentheil, wie die Holzfaser, Haare, Federn, Nägel, Knochen, elastisches Gewebe und manche andere sind Stoffe von dem festesten chemischen Gleichgewicht, deren Zersetzung nur unter einem ungewöhnlichen Zusammenfluss begünstigender Umstände vor sich geht. Allein auch rücksichtlich der wirklich leicht zersetzlichen Stoffe verhindert nichts die Annahme, dass sie auch während des Lebens sich ganz frei ihren chemischen Affinitäten hingeben können und dass mithin der lebende Körper nicht minder als der abgestorbene einer fortwährenden spontanen Zersetzung unterliege. Aber freilich, wenn auch die Kräfte, die in beiden Fällen wirken, dieselben sind, wenn vielleicht auch ähnliche Producte der Zersetzung gebildet werden, so sind doch die umgebenden Umstände, die so bedeutend überall die Gestalt des Erfolges von Kräften bestimmen, im Leben ganz andere als nach

dem Tode, und sie erklären hinlänglich, warum das äussere Aussehn beider Erscheinungen so sehr verschieden ist.

142. Denn eben so wie der lebendige Körper nicht ein blosser Haufen physischer Massen, sein Leben nicht ein blosses Gewühl chemischer Wirkungen, sondern eine planmässige Verknüpfung zu einem harmonischen Ganzen ist, so ist auch der zurückbildende Stoffwechsel eine organisirte Zersetzung, deren innere Ordnung durch den Kreislauf der Säfte, die Absonderungen und die Aufnahme neuer Nahrung aufrechterhalten wird. Diese Verrichtungen, mancherlei Muskelbewegungen ferner, durch ein thätiges Nervensystem zu zweckmässigen Gruppen verbunden, entfernen nicht nur die entstehenden Zersetzungsproducte von ihrer ursprünglichen Stelle und führen jedes seiner besondern Ausgangspforte zu, sondern sie verhindern dadurch namentlich auch die unbeschränkte gegenseitige Einwirkung dieser Stoffe auf einander, welche nach dem Tode bei dem Zusammenfallen der inneren Abmarkungen zwischen den einzelnen Theilen gewiss die Zersetzung in bedeutendem Masse beschleunigt. Viele Umstände mögen sich daher vereinigen, um diese spontane Zersetzung des Körpers regelmässiger, um sie auch langsamer zu machen; im Allgemeinen aber haben wir keinen Grund zu der Annahme einer sie verhindernden oder gestattenden Lebenskraft. Die Thatsachen, dass die Zersetzungsproducte des Lebendigen von denen des Todten nicht wesentlich sich unterscheiden, und dass die Fäulniss diejenigen Theile am schnellsten verzehrt, die während des Lebens den regsten Stoffwechsel besitzen, überzeugen uns vielmehr von der Identität der chemischen Gegenwirkungen, durch welche während des Lebens die Bestandtheile des Leibes allmählich zerstört werden, und jener Kräfte, denen sie nach dem Aufhören aller regulirenden Umstände unter der Form der Fäulniss ordnungslos anheimfallen.

143. Das Leben erreicht daher seine leichteste und einfachste Selbsterhaltung dadurch, dass es die Gesetze der unorganischen Natur nicht aufhebt, sondern gewähren lässt; veränderliche, bildsame Stoffe verlangte seine Bestimmung; mit dieser Eigenschaft aber verknüpfen die chemischen Gesetze die andern der Hinfälligkeit, des labilen Gleichgewichts und der leichten Zersetzlichkeit. Diesen Consequenzen widersteht das Leben nicht,

sondern gleicht ihren Nachtheil dadurch aus, dass es gewisse Stoffe nur während eines kurzen Zeitraums, in dem sich ihre Zusammensetzung auf dem Höhepunkte ihrer Bildsamkeit befindet, zu seinen Zwecken benutzt. Haben aber die Dienste, welche diese Stoffe dem Leben leisten mussten, oder äussere Störungen, oder vielleicht auch nur die fortschreitende Wirkung ihrer eigenen inneren Kräfte ihre Zusammensetzung unbrauchbar gemacht, so werden sie aus dem functionellen Verbande des Organismus wieder entfernt. Nicht überall geschieht diese Elimination in derselben äussern Form; nicht stets wird das Auszuscheidende verflüssigt, und büsst durch die Vorbereitung zu seiner Secretion seine frühere chemische Zusammensetzung ein. Neben seinen flüssigen Zersetzungsproducten entfernt auch der Thierkörper durch Abstossung grössere geformte Theile, die nicht durch ihre Neigung zum Zerfallen, sondern im Gegentheil durch ihre Vertrocknung und die allzugrosse Festigkeit ihres chemischen Zusammenhangs für weitere Functionen des Lebens untauglich geworden sind. Den Pflanzen scheint die Form einer flüssigen Aussonderung zersetzter Substanz völlig zu fehlen. Die fortschreitende Entwicklung erzeugt in ihren Organen eine Unfähigkeit zu längeren Lebensverrichtungen nur langsam, und die Compensation der Störungen besteht in ihrem Haushalt nicht in dem Wiederersatz der unbrauchbargewordenen, sondern in der beständigen Nachvegetation neuer Theile, denen die Fortführung der Function übertragen wird. Jede Pflanze umfasst daher in verschiedenen Perioden ihres Lebens abgestorbene Theile, die aus der Continuität ihres Körpers nicht sofort entfernt werden, sondern theils durch ihre physische Festigkeit und Cohäsion als vertrocknender Stengel oder verholzter Stamm und verdickte Rinde den frischen lebensfähigen Nachwuchs stützen und umgeben, theils noch in äusserlicher Verbindung mit diesem einem langsamen Processe der Vermoderung unterliegen. Aber dem Princip nach gleichbedeutend erhält sich in beiden so abweichenden Weisen des Verfahrens das Leben seinen regelmässigen Ablauf dadurch, dass es alles ferner Unbenutzbare seinem Schicksal, seiner schnellen oder langsamen Zersetzung überlässt. So verschwindend absorbiren die vergehenden Bestandtheile zugleich die Effecte der

Störungen und geben der beständigen Wiedererzeugung passender Bildungen Raum.

144. Der lebendige Körper erscheint uns jetzt unter einem sehr einfachen allgemeinen Gesichtspunkte. Er gleicht einem Strudel, der einestheils von einer gewissen Beschaffenheit des Flussbettes, anderntheils von der Richtung und Geschwindigkeit der ankommenden flüssigen Bestandtheile abhängt. Dies Gleichniss enthält mehrere Punkte, die neben einander zu berücksichtigen sind. Zuerst zeigt es, dass wenn irgend einmal die bestimmte Wandung des Strudels durch ein zufälliges Ereigniss zerstört worden ist, die Wiederherstellung nicht durch Normalisirung der einmal aus ihrer Richtung gebrachten Theile erfolgt, sondern durch ihr Vorüberfliessen, während neue ihre Stelle nach denselben Verhältnissen einnehmen, welche fortdauernd durch die Gestalt des Bodens und die Richtung des Stromes dargeboten werden. So regenerirt sich also die ganze Erscheinung in jedem Augenblicke aus gewissen gleichbleibenden Bedingungen, denen immer neue veränderliche Substrate unterworfen werden. Wir sehen zweitens aus unserem Gleichnisse, dass nie das Gleichgewicht des Lebens hergestellt werden kann, wo alle Theile, Strom und Boden sich zugleich geändert haben. So wird es auch im Körper nie eine allgemeine Erschütterung geben, aus der er sich vollkommen unbeeinträchtigt wiederherstellen könnte. Aber wohl kann es Störungen geben, die so wenig in den Zusammenhang des Ganzen eingreifen, dass ihre geringen Wirkungen in seiner grösseren natürlichen Veränderlichkeit verschwinden, eine Wahrheit, der man den ganz nutzlosen Satz entgegengestellt hat, dass vermöge der genauen Vereinigung aller Theile im lebenden Körper nicht die geringste Störung vorkommen könne, die nicht überall wiederklingend auch das Ganze verstimme. Freilich haben diejenigen an sich ganz Recht, die da meinen, die Vernichtung eines Sandstäubchens müsse die Ordnung des ganzen Universum stören; sie bedenken nur nicht, dass die grossartige Grässlichkeit dieses Gedankens sehr durch den nothwendigen Zusatz gemildert werden muss, dass solche Störungen bei der Kleinheit der ersten Ursachen vielleicht erst nach Millionen von Jahrtausenden mikroskopisch bemerkbare Veränderungen in andern Theilen des Weltalls hervorbringen würden. Ebenso würden die allgemeinen

Erschütterungen, die unser Körper durch den kleinsten Reiz schon erfahren soll, in unserer Beobachtung erst zu einer Zeit bemerklich werden, in welcher der Körper längst aus andern Ursachen zu leben aufgehört hat. Ueberdem stehen keineswegs alle Theile des Körpers, wie früher schon bemerkt wurde, untereinander in einem so sensiblen Gleichgewicht, dass selbst eine bedeutende Störung des einen stets eine lebhafte Nachwirkung auf den andern ausübte. Dieser ganz den Zwecken des Lebens unangemessenen Veranstaltung entgegengesetzt zeigt sich vielmehr die Weisheit der Natur nicht nur in enger Verknüpfung des Zusammengehörigen, sondern auch in Auseinanderhaltung dessen, was mit einer gewissen Freiheit neben einander bestehen soll.

145. Ohne deshalb jene bis zur Unbrauchbarkeit getriebene Genauigkeit der Folgerungen nachzuahmen, müssen wir indessen doch zugestehen, dass nur kleine Störungen eines Strudels so hingehen werden, ohne eine Veränderung seines Bodens zu veranlassen. Bei vielen Erschütterungen des Lebens wird allerdings wohl ein verhältnissmässig grosser Antheil der Körperbestandtheile unverändert bleiben und daher immer einen solchen nahezu sich gleichbleibenden Boden abgeben, der in dem neu hinzutretenden Strome der Substrate nach dem Abfluss der krankhaft veränderten denselben Strudel der Lebenserscheinungen wiedererregt; aber schwerlich doch je, ohne in einem geringen Zuge wenigstens verändert worden zu sein. Endlich aber müssen wir erwägen, dass der Strudel des Lebens keinen absolut festen Boden hat. Die Wiederherstellung des Körpers kann nach dem Princip des Stoffwechsels nur dann gelingen, wenn fortwährend ein fester Stamm der Bildung vorhanden ist, an den die veränderlichen Theilchen kommend sich regelmässig ansetzen, von dem sie gehend eben so gesetzmässig sich ablösen, ohne ihn mit in ihre Veränderung hineinzuziehen. Aber anstatt eines festen Stammes dieser Art hat das Leben nur einen Boden von minderer Veränderlichkeit; Stoffe von grosser Zersetzbarkeit kreisen gleichsam in mehr oder minder excentrischen Bahnen um Stoffe von grösserer Festigkeit, die aber doch ihrerseits selbst mit geringerer Geschwindigkeit einen ähnlichen Kreis von Veränderungen durchlaufen. So führt daher die Erneuerung des Körpers ihn doch nie völlig auf denselben, sondern nur auf einen dem vori-

gen sehr nahe gelegenen Punkt zurück und der Organismus durchläuft eine Reihe von Lebensaltern, in denen allmählich die inneren Widerstände wachsen, die den Functionen des Lebens entgegenstehen. Diese fortschreitende Umwandlung wird endlich noch beschleunigt durch die Flut der Lebensprocesse selbst; so wie ein Meeresstrom durch seinen Wellenschlag, zu dem er durch die eigenthümliche Gestaltung des Bodens angeregt wird, häufig diesen selbst wieder nivellirt, und also die Ursache seiner specifischen Bewegung sich selbst vernichtet, so kehren sich auch die ausgeübten Thätigkeiten des Lebens mit langsamer aber sicherer Gewalt gegen die Grundlage, von der sie ausgingen, zerstörend zurück.

146. Wir verlassen dieses Bild nicht, ohne ihm eine letzte zusammenfassende Anschauung der Lebensvorgänge zu entlehnen. Die höchsten und edelsten Erscheinungen der Natur wie des geistigen Daseins glaubt ein weitverbreiteter Wahn durch stoische Bedürfnisslosigkeit ausgezeichnet, durch unüberwindliche Starrheit ihres Kernes siegreich gegen alle Angriffe der äusseren Welt, durch Einfachheit ihres inneren Gefüges in der Stetigkeit ihrer Entwicklung gesichert. In Wahrheit aber hat alles Höhere mehr Voraussetzungen als das minder Hochgestellte und die Kraft seiner Existenz besteht nur in der geistvollen Berechnung, mit der es so vielfache Bedürfnisse zu befriedigen weiss. Nicht ein einfacher, in sich geschlossener und durch seine Intensität mächtiger Gestaltungstrieb beseelt die lebendigen Körper; sie sind vielmehr nur jene beweglichen Elemente, an welchen sich in schönen Formen der andringende Strom unzähliger physischer Processe bricht. Abgelenkt von seiner Bahn durch den Zusammenhang, den wenige glücklich verbundene Massen ihm entgegenstellen, erzeugt er hier jenen Strudel, der die Stoffe der Aussenwelt in sich hineinzieht, eine Zeit lang festhält und sie dann dem formlosen Treiben der unorganischen Natur zurückgibt. Nur so lange günstige Verhältnisse jene Gruppe der Elemente zusammenhalten, die in einem ähnlichen Wirbel früher im Laufe der Generation entstanden, ihrerseits jetzt die Form eines neuen bestimmt, nur so lange vermögen die Erscheinungen des Lebens in ungestörter Folge sich zu entwickeln. Nicht an ein festes Substrat ist dies reiche Spiel der Ereignisse gebunden, sondern schwebt

beweglich, wie der farbige Glanz des Regenbogens, über einem rastlos veränderlichen Untergrunde. Ja so wenig finden wir in den lebendigen Körpern jene einheimische gewaltige Lebenskraft, dass wir sie vielmehr nur für jene Oerter im Raume ansehn können, wo die zahllosen Processe des Weltlaufs in so glücklichen Verhältnissen sich durchschneiden, dass veränderliche Massen sich für eine Zeit lang zu einer doch immer bald vergänglichen Gestalt verdichten, und ihre Gegenwirkungen einen melodisch abgeschlossenen Wechsel aufblühender und verwelkender Entwicklung durchlaufen können. Wie dringend uns auch sittliche Motive auffordern mögen, uns als eine wesentliche Einheit im Gegensatze zu der übrigen Welt zu fühlen, die das gestaltbare Material unserer Handlungen umschliesst, so liegt doch für die Wissenschaft, welche die natürliche Begründung unsers Daseins sucht, die übrige Natur nicht als ein fremdes unorganisirtes Chaos um das einzelne lebendige Geschöpf ausgebreitet, so dass seine specifische Lebenskraft erst hinausgreifend diesem todten Bildungsstoff Bewegung und Entwicklungsfähigkeit mittheilte. Die unablässige allgemeine Bewegung der Stoffe in der Welt ist vielmehr die umfassende Strömung, in welcher nicht einmal wie feste Inseln, sondern wie bewegliche Wirbel die organischen Geschöpfe auftauchen und verschwinden, indem die vorüberfliessenden Massen augenblicklich eine Zusammenlenkung in eine eigenthümliche Bahn, eine Verdichtung zu bestimmter Gestaltung erfahren, um bald durch dieselben Kräfte, die sie in diesem Durchschnittspunkt zusammenführten, weiter getrieben und in die gestaltlose allgemeine Strömung wieder zerstreut zu werden.

§. 16.

Vom Chemismus im Thierkorper.

147. Die einfachsten thierischen Organisationen lassen weder eine histiologische noch eine chemische Verschiedenheit ihrer Masse erkennen; eine homogene Körpersubstanz, in ihrer Zusammensetzung noch unbekannt, durch den Namen der **Sarkode** vorläufig bezeichnet, genügt zu der Erfüllung der verschiedenen physiologischen Functionen, die hier noch nicht an gesonderte Organe vertheilt erscheinen. Aber auch die äusserst heterogenen Gebilde, die im Gegensatz zu dieser Einfachheit den Körper der

höheren Thiere zusammensetzen, werden von der Natur nicht nur aus wenigen chemischen Elementen erzeugt, sondern auch in der Verbindung dieser zu den näheren Bestandtheilen der Gewebe gibt sie sich keiner schrankenlosen Mannigfaltigkeit der Combinationen hin. So verschieden auch Art und Grösse der Leistungen sein mögen, welche die Lebensart verschiedener Thiere verlangt, so sucht doch die Natur ihnen möglichst durch dieselben Mittel zu genügen, und sie bildet die Muskeln der kraftvollen Raubthiere aus keiner wesentlich andern Substanz, als die Gliedmassen trägerer und indolenterer Thierklassen. So weit daher irgend noch eine durchgreifende Aehnlichkeit der Lebensweise vorhanden ist, begegnen wir in verschiedenen Thiergattungen zur Herstellung gleichbedeutender Gewebe oder zur Begründung gleichartiger Functionen überall denselben zusammengesetzten Stoffen wieder. Jene gewebebildenden Bestandtheile, die das faserhäutige Gerüst des Körpers ausmachen, jene parenchymatösen Substanzen, die innerhalb der Grenzen dieses Rahmens abgelagert oder im Strome der Säfte beständig bewegt, die Substrate der lebendigen Functionen sind, gehen mit grosser Gleichförmigkeit durch das höhere Thierreich hindurch. Nur in jenen letzten Producten des thierischen Stoffwechsels, die zu äusserem Schutze, und als eigenthümliche Zierden des Körpers abgelagert werden, zeigt sich eine auseinandergehende Mannigfaltigkeit, die dennoch mehr in dem äussern Ansehn, als in den zu Grunde liegenden organischen Bestandtheilen dieser Bildungen vorhanden ist.

148. Entzieht man dem Knochenskelet durch Salzsäure seine Kalksalze, so behält man ein durchscheinendes Knorpelgeripp zurück, das noch vollständig die Formen des ersten bewahrt. Andauerndes Kochen in Wasser löst auch dieses langsam zu einer Flüssigkeit auf, die erkaltend zu einer Gallert gesteht, dem einzigen Reste, der von der festen Grundlage des thierischen Körpers zurückbleibt. Dieselbe Verwandlung in Leim erfahren bei längerem Kochen alle jene feinen Häutchen, die von dem Knochengerüst ausgehend die Zwischenräume der einzelnen Organe bezeichnen oder die einzelnen Muskelbündel und Fasern von einander trennen, alle jene von Bindegewebe gebildeten Theile, welche die massigeren Organe des Körpers durchsetzen und um-

hüllen und endlich unter der Oberhaut einen gleichmässigen Ueberzug über die Gestalt des Ganzen bilden. Die Hälfte des menschlichen Körpers ist es, die nach einem alten Satze, ohne dabei Stoffe aufzunehmen oder abzugeben, sich in diese oder andere ihren physischen Eigenschaften nach sehr verwandte Formen des Leims verwandelt. Ohne die chemische Zusammensetzung zu kennen, die der Möglichkeit dieser Umwandlung vorangehen muss, haben wir doch ein Recht, in den verschiedenen leimgebenden Substanzen, wenn nicht eine Gleichheit, so doch eine wesentliche Analogie ihres chemischen Baues anzunehmen. Alle Gebilde, die aus diesen Stoffen bestehen, verrathen unter gewöhnlichen Umständen keine Neigung zur Zersetzung; ausgezeichnet durch ihre physischen Eigenschaften grosser Zähigkeit, Dehnbarkeit und Elasticität bilden sie in ihren grössern Massen als Zellgewebe, Sehnen, Knorpel, elastisches Gewebe den festen, umfassenden und haltenden Rahmen des ganzen Körpergebäudes. Aber nicht nur im Grossen möchten wir ihnen diese Bestimmung zuschreiben; wir halten es vielmehr für wahrscheinlich, dass auch alle jene feinen, dehnbaren und elastischen Begrenzungshäutchen der zelligen und faserigen Gebilde, welche die feineren Elemente der Organe darstellen, der Gruppe der leimgebenden Stoffe zugehören, obgleich ihr wirklicher Uebergang in dieses Umwandlungsproduct nicht erweislich ist. Wir würden dann auch im Kleinen und Einzelnen die leimgebenden Substanzen als die Erzeugerinnen aller zugleich festen und geformten Bestandtheile des Körpers betrachten können, in deren Grenzen die ungeformten wirksamen Substrate der lebendigen Functionen abgelagert sind.

149. Aus dem Fleische der Muskeln, dem Parenchym drüsiger Organe, dem Marke der Nerven, diesen drei Werkstätten der intensivsten Lebensverrichtungen, gewinnt die Analyse verschiedene Stoffe, die durch eine ausgedehnte Analogie ihrer chemischen Eigenschaften und die grösste Aehnlichkeit ihrer procentischen Zusammensetzung sich als nahe verwandte Formen einer zusammengehörigen Reihe erweisen. Sie scheinen niemals, ohne vorher ihre chemische Natur verändert zu haben, als geformte Elemente aufzutreten, sondern in jenen Körpertheilen als eine parenchymatöse Anfüllung der kanalförmigen oder zelligen Räume vor-

zukommen, welche ihnen die leimgebenden oder diesen verwandte Gewebe darbieten. So finden wir sie als formloses Mark die cylindrischen Kanäle des Neurilem, als Muskelsubstanz ohne eigene Structur die seinen Umhüllungsmembranen der Primitivfasern erfüllen, in den Drüsen wahrscheinlich den Inhalt abgeschlossener zelliger Bildungen ausmachen. Sie näher kennen zu lernen, bieten daher nicht diese festen Theile des Körpers, in denen sie abgelagert sind, sondern das Blut die passendste Gelegenheit. So wie sie in diesem aufgelost vorkommen, sind sie unter dem Namen der eiweissartigen Korper bekannt. So gewiss es nun ist, dass an sie die wesentlichen Functionen des Lebens, die Contractilität der Muskeln, die Thätigkeit der Nerven, die chemischen Wirkungen der vegetativen Organe sich knüpfen, so gibt doch die Analyse ihres chemischen Baues, deren Unvollkommenheit wir in hohem Grade beklagen müssen, keinen Aufschluss über die Gründe dieser vorzüglichen Befähigung.

150. Wir kennen die eiweissartigen Körper in einer doppelten Modification, einer löslichen in Wasser, einer unlöslichen; Erhitzung, Säuren oder spontane Gerinnung verwandeln die erste in die zweite, in der sie weissliche, graugelbe, elastisch zahe Massen darstellen, aufquellend in Wasser, trocken bis zu glasiger Brüchigkeit spröde. Sie enthalten alle ausser Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff noch variable Mengen von Schwefel, Phosphor, den Salzen der Alkalien und der alkalischen Erden, Bestandtheile, von denen sie vielleicht nie ohne Zersetzung trennbar sind, obgleich völlig unbekannt ist, ob ein organisches Radical, das man in allen Formen voraussetzt, mit diesen Stoffen nach Aequivalenten verbunden ist, oder sie durch moleculare Attraction als Gemengtheile mit sich führt. Die meisten eiweissartigen Stoffe, die man aus den Bestandtheilen des Korpers gewinnt, erwecken überdies den Verdacht, auch wo sie nicht differente Gewebtheile einschliessen, doch Gemenge chemisch verschiedener Stoffe zu sein, die bei der Unkrystallisirbarkeit aller nicht von einander zu trennen sind. Da sie endlich alle leicht zersetzlich sind und unter den gewöhnlichen atmosphärischen Bedingungen sehr bald durch übelriechende Exhalationen den Beginn ihrer Zersetzung anzeigen, so wächst die Gefahr, in einem untersuchten Stoffe viele Modificationen zugleich anzutreffen, die

verschiedenen Stadien der Umbildung und Zersetzung angehören. Ein zu früh gekommener Traum von Genauigkeit war es unter diesen Umständen, wenn Mulder nach seinen übrigens höchst verdienstlichen Untersuchungen alle diese Körper nicht nur auf ein gemeinschaftliches Radical, das Protein zurückführen, sondern dieses selbst isolirt darstellen zu können geglaubt hat.

151. Noch weniger vermögen wir die Verhältnisse der einzelnen Glieder dieser Stoffreihe zu einander rationell festzustellen. Denn nicht einmal dies können wir behaupten, dass die gewöhnlich unterschiedenen Formen chemisch abgeschlossene und begrenzte Körper sind; wir können nur die üblichen Namen als zusammenfassende Bezeichnungen für gewisse Gruppen von Eigenschaften ansehen, die an einzelnen ihrer Natur und Selbständigkeit nach immer noch zweifelhaften Gliedern der Reihe haften. So nennen wir denn Eiweiss, Albumin, die dem bekannten Bestandtheil des Vogeleis ähnlichen Stoffe, die wie dieser, schwefel- und phosphorhaltig, ziemlich salzreich, durch Erhitzung, concentrirten Alkohol, die meisten Säuren und Alkalien gerinnbar, in löslicher Form sich im Blute und allen Ernährungsflüssigkeiten des Körpers finden. Von ihnen unterscheidet sich durch freiwillige Gerinnung zu einem faserigen, elastischen Coagulum der Faserstoff, Fibrin, ärmer an Salzen, Schwefel und Phosphor, in flüssiger Gestalt ein beständiger Begleiter des Albumins im Blut und den übrigen assimilirbaren Säften. Reicher an phosphorsaurem Kalk, als alle andern Formen, weder durch Erhitzung noch durch Alkohol gerinnbar, durch Säuren, selbst Essigsäure fällbar, ohne unlöslich zu werden, bildet der Käsestoff, Casein einen regelmässigen Bestandtheil der Milch und des Eidotters, nicht des Blutes, erregt aber durch sein Verhalten am meisten den Verdacht, ein Gemenge verschiedener Stoffe zu sein. In der Krystalllinse findet sich in grösserer Menge das Krystallin oder Globulin, das gleich dem Eiweiss durch Erhitzung, doch nur in höherer Temperatur, gerinnbar, aus angesäuerten oder alkalisirten Lösungen durch Neutralisation fällbar, arm an Salzen, hauptsächlich durch sein Vorkommen in den Blutkörperchen wichtig wird, deren zähflüssigen Inhalt es in Gemeinschaft mit dem eisenführenden Hämatin bildet. Manche Mittelformen, durch einige Verschiedenheiten der physischen und chemischen Eigenschaften

abweichend, liegen unbestimmbar zwischen diesen etwas sicherer characterisirten Formen; ungewiss sind wir namentlich über den chemischen Zustand der eiweissartigen Körper, wo sie untrennbar von den geformten Elementen, in die sie eingelagert sind, in den festen Bestandtheilen des Körpers vorkommen. Die Analyse muss sich hier begnügen, ihre Zugehörigkeit zu der Reihe durch einige allgemeine Reactionen der Proteinformen nachzuweisen. Sie werden durch concentrirte Salpetersäure beim Erhitzen citrongelb, durch concentrirte Salzsäure bei gelinder Wärme und hinreichendem Luftzutritt intensivblau, durch eine Lösung von Quecksilber in Salpetersäure bei Erwärmung auf 60—100° C. intensivroth gefärbt.

152. Die Gewebe, die aus den bisher erwähnten Stoffen gebildet werden, das leimgebende Gerüst und die parenchymatösen aus eiweissartigen Körpern zusammengesetzten Organe verhalten sich in den verschiedenen Thierklassen auch im äussern Ansehn sehr ähnlich. Die bunteste Mannigfaltigkeit herrscht dagegen in dieser Beziehung in der letzten Gruppe von Gebilden, die den Bau des thierischen Körpers vervollständigen, in den vielerlei abweichend geformten und gefärbten äusseren Bedeckungen, die von dem Stoffverkehr zurückgezogener, weder Spuren beständiger Ernährung und Umbildung, noch Neigung zur Zersetzung zeigen, sondern allmählich saftloser geworden, und durch neu nachwachsende Bildung ersetzt, von dem Körper abgestossen werden. Dennoch haben die zahlreichen Analysen, die man auch über sie besitzt, so viel wenigstens gezeigt, dass ihre procentische Zusammensetzung keine der Verschiedenheit des äusseren Anblicks entsprechende Grösse der Unterschiede besitzt; Epidermis, Menschennägel, Pferdehuf, Büffelhorn, Fischbein zeigen wenig Differenzen ihres Gehalts an Stickstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff; den eiweissartigen Körpern scheinen sie alle an Sauerstoffgehalt überlegen zu sein. Eine bestimmtere Einsicht ihres chemischen Baues kann jedoch diesen Analysen nicht entnommen werden. Denn obgleich verhältnissmässig einfache und wenig organisirte Theile des Körpers, entstehen doch alle diese Gebilde nicht durch eine blosse Secretion, die einen chemisch einfachen Stoff in ihnen vermuthen lassen könnte, sondern durch einen organischen Wachsthumsprocess, der differente Gewebtheile

von verschiedener chemischer Beschaffenheit zusammengesellt. Am wenigsten ist uns die hier so häufig auftretende Gruppe der Pigmente bekannt, die allerdings ihrem Namen gemäss, die Bestimmung haben, die für jede Thierart beständige Coloratur der äussern Bedeckungen hervorzubringen, dies aber wahrscheinlich weder hier, noch wo sie sonst vorkommen, als indifferente Ablagerungen thun. Am wenigsten darf ihre Benennung als Farbstoffe dazu verleiten, den Anspruch auf Mitbetheiligung an den wesentlichsten chemischen Processen zu verkennen, den leicht möglich die Pigmente der inneren Theile, des Blutes und der Galle besitzen können.

153. Ueber die Entstehung aller dieser Stoffe und ihren Uebergang in einander stehen einige Thatsachen zwar hinlänglich fest, ohne jedoch über die dabei stattfindenden chemischen Processe Aufklärung zu geben. In einem hartschaligen Vogelei ist der Embryo genöthigt, sich aus dem Inhalt des Eies zu bilden. Aus dem Eiweiss, dem Käsestoff, den fetten öligen Bestandtheilen des Dotters, den vorhandenen Salzen, und einer im Eiweiss nie fehlenden Spur von Zucker muss mithin höchstens unter Hinzunahme von Sauerstoff und dem Einfluss der Wärme eine Entwicklung aller Theile stattfinden können, die der Embryo vor dem Verlassen der Eischale bildet. Aber obgleich der ausschlüpfende Vogel bereits Muskeln, Zellgewebe und Rudimente der äussern Bedeckungen besitzt, so lässt sich doch nicht entscheiden, ob nicht diese formell schon ausgebildeten Elemente noch aus chemisch dem Eiweiss ähnlichen Stoffen bestehen, oder ob sie bereits die Verschiedenheit der Zusammensetzung zeigen, die sie später besitzen. Deshalb ist es wichtig, dass auch die erste Nahrung der Säugethiere, die Milch, wiederum Eiweiss, Käsestoff, Fette und Milchzucker vereinigt. Da sie zur Unterhaltung des Wachsthums während eines Zeitraums genügt, in dem sich ohne Zweifel alle verschiedenen Gewebe auch aus chemisch differenten Stoffen bilden, so ist die Entstehbarkeit der leimgebenden Theile sowohl als der äussern Bedeckungen aus eiweissartigen Körpern nicht zu bezweifeln. Auch das Blut, das im erwachsenen Thiere permanent an die Stelle der Eiflüssigkeit tritt, enthält keine eigenthümlichen Bestandtheile für die Bildung und den Wiederersatz jener beiden Stoffgruppen. Diese Thatsachen ge-

statten übrigens eine doppelte Auslegung. Man kann annehmen, dass die Gewebe sich ausschliesslich aus den eiweissartigen Körpern des Keims und des Blutes so wie der Milch entwickeln, während die anderen Bestandtheile dieser Bildungsstoffe andere Zwecke, vielleicht die Regulirung der zur Bildung nöthigen Temperatur erfüllen. Aber die Wahrnehmung, dass auch eine völlig genügende Verdauung stets das Zusammenwirken von Proteinkörpern, Fetten und zuckerartigen Stoffen zu verlangen scheint, räth uns, auch die andere Annahme zu beachten, dass die Bildung der Gewebe aus den eiweissartigen Stoffen nur unter Beihilfe jener andern Bestandtheile des Eies und der Milch möglich sei. Je nach der Voraussetzung, die man hier wählt, wird man auf ziemlich einfache Processe im ersten, auf mehr verwickelte im zweiten Falle kommen.

154. Diese Frage würde ihrer Entscheidung etwas näher zu bringen sein, wenn physiologisch die Reihenfolge der Formen besser bekannt wäre, welche die eiweissartigen Körper, um bald diese, bald jene Verwendbarkeit zu erreichen, durchlaufen müssen. Nur von dem Käsestoff können wir mit Gewissheit sagen, dass er, der im Blute fehlt, nur für die ersten Zeiten der Bildung nöthig ist, vielleicht als vorzugsweis wandelbarer Stoff, vielleicht durch seinen Reichthum an Salzen, die bei der Bildung der Gestaltelemente aus dem Protein unentbehrlich scheinen, für die Raschheit der ersten Entwicklung besonders geeignet. Für alle späteren Zeiten erscheint das Albumin, an Menge der bedeutendste festwerdende Bestandtheil des Blutes, als der Ausgangspunkt aller weiteren Stoffbildung. Aber man streitet darüber, ob das Eiweiss unmittelbar zur Bildung der Gewebe diene, oder ob es vorher in Faserstoff übergehe. Die Seltenheit des letzteren Stoffes und seine eigenthümliche Gerinnbarkeit haben seine Wichtigkeit vielleicht überschätzen lassen. Besonders an die zweite dieser Eigenschaften knüpfte man die Vorstellung eines edlern, durchgebildeteren und plastischeren Stoffes, obgleich das Fibrin gerade durch die Gerinnungsweise, durch die es uns auffällig ist, am wenigsten sich zu allmähliger organischer Anbildung zu eignen scheint. Mit der Biegsamkeit, die solchen Ansichten eigen zu sein pflegt, haben Andere es deshalb für ein Fäulnissproduct des Blutes angesehen, indem sie gerade in den edleren Stoffen die

Flüssigkeit und Beweglichkeit voraussetzten, die einen wesentlichen Grundzug des Lebens bilde. Mit mehr Grund hat man hervorgehoben, dass nur aus faserstoffhaltigen, nicht aus nur albuminösen Exsudaten sich Neubildungen entwickeln. Allein diese Bildungen gehören der Klasse der leimgebenden Gewebe an, deren Eigenschaften sie allmählich gegen die verschwindenden der eiweissartigen Stoffe eintauschen. Sie erheben sich selten weit über die Form eines mehr oder weniger dichten, meist sehr unregelmässigen Zellgewebes; wo eine Spur höherer Organisation erscheint, tritt sie doch erst später ein, und es ist nicht mehr nachweisbar, dass sie dem ursprünglich exsudirten Faserstoff mehr als andern nach und nach eingetretenen Mitbedingungen ihren Ursprung verdankt. Wir möchten hiernach vermuthen, dass der Faserstoff gerade zur Bildung der leimgebenden Gewebe und vielleicht noch ferner zur Herstellung jener Bedeckungsstoffe verwandt werde, die durch ihr Wachsthum und ihre Abstossung einen ziemlich gleichmässigen beständigen Wiederersatz verlangen. Dass dem gegenüber aus nur albuminösen Exsudaten keine Neubildungen entstehen, würde uns, wenn es ausnahmlos richtig wäre, doch nicht als Einwand gegen die unmittelbare Verwendbarkeit des Eiweisses erscheinen. Massenhafte Exsudate, die nicht in ihren kleinsten Theilen dem bestimmenden Einflusse organisirter Umgebungen unterliegen, sind überhaupt keine Stätte organischer Bildungen; als umspülende Ersatzflüssigkeit in unmittelbarer Berührung mit geformten und lebendigen Theilen kann das Eiweiss leicht in eine plastische Entwicklung hineingezogen werden, zu der es allein keinen Zugang findet. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass die geformten Körperelemente überhaupt wenig Ersatz bedürfen; bestehen, wie wir voraussetzten, die eigentlich wirksamen Bestandtheile in ungeformten Massen, die in jenen enthalten sind, so würde das Eiweiss, ohne vorher in das gerinnbare Fibrin über zu gehen, das wichtigste Ersatzmittel bilden.

155. Eine chemische Erklärung dieser Umwandlungsprocesse nun, die wir physiologisch so unvollständig kennen, ist bisher kaum möglich. Durch theoretische Combinationen der Zusammensetzungsformeln verschiedener Stoffe hat man oft ihre Uebergänge in einander oder aus zweien die Erzeugung eines dritten zu veranschaulichen gedacht. Aber diese Versuche fehlen vor

allem darin, dass sie nicht nur vorliegende Thatsachen erklären, sondern am häufigsten die Thatsachen selbst nur deswegen voraussetzen, weil sie dieselben erklären zu können hoffen. Ehe von irgend einem Uebergange der Stoffe eine chemische Rechenschaft gegeben werden kann, muss vor allem sein wirkliches Vorhandensein bewiesen oder wenigstens gezeigt werden, dass nach physiologischen Gründen sein Stattfinden die glaubwürdigste oder eine unvermeidliche Hypothese ist. Aber auch wenn die Thatsache so fest steht, ist jene Combination der Formeln ein übler Weg, sie zu erklären. Allerdings ist es sehr leicht, die Analysen der Körperbestandtheile so mit einander zu verbinden, dass aus zwei Formeln eine dritte entsteht; allein das Interesse der Physiologie ist zu wissen, aus welchen zwei Körpern ein dritter Körper gebildet wird. Nachweisbar müsste daher vor allem sein, dass jene Verbindungen, Trennungen, Spaltungen der Bestandtheile, welche sich die widerstandlosen Buchstaben der Formeln stets gefallen lassen, auch von den wirklichen Kräften der durch sie bezeichneten Stoffe ausgeführt werden können. Und selbst dies würde nicht ausreichen; man müsste weiter zeigen können, dass das nach allgemeinen chemischen Analogien Mögliche auch ein organisch Wahrscheinliches sei, d. h. dass es unter denjenigen bedingenden Nebenumständen, welche der lebendige Körper den chemischen Processen darbietet, sich ereignen könne. Ohne diese selten möglichen, noch viel seltener versuchten Nachweise sind jene Formelspiele keineswegs auch nur als Paradigmen zu betrachten, nach denen sich die Möglichkeit einer Stoffumwandlung anschaulich machen liesse; denn nichts verbürgt uns, dass sie im geringsten einen physisch möglichen Process bedeuten.

156. Nach der glanzenden Widerlegung indessen, welche diese Verirrungen der Phantasie schon hinlänglich erfahren haben (O. Kohlrausch, Physiologie und Chemie in ihrer gegenseitigen Stellung, Götting. 1844), finden wir nur noch einen Punkt unsern weitern Betrachtungen voranzuschicken. Die Physiologen hauptsächlich, die dem organischen Chemismus etwas abzugewinnen suchen, neigen einem Irrthum zu, den man eher auf Seiten der Chemiker vermuthen würde. Sie betrachten sehr häufig die Umwandlung der Stoffe als einen Process, zu dessen Erklärung

nichts nöthig sei, als die Kenntniss ihrer Zusammensetzung und der Verwandtschaften, die als deren natürliche Folge ihnen zukommen. Wenn frühere Zeiten in dem organischen Chemismus andere Grundgesetze und übernatürliche Kräfte im Spiel glaubten, so hatten sie darin gewiss Unrecht; nicht minder Unrecht aber unsere Zeit, wenn sie einen vitalen Einfluss anderer Art bei ihren Deductionen ausser Acht lässt. In unsern Laboratorien arbeiten wir stets mit indifferenten Geräthschaften; in dem lebendigen Körper dagegen sind die Organe, in denen zwei Stoffe sich zu chemischer Wechselwirkung begegnen, vielleicht sehr selten, gewiss aber nicht immer indifferent. Die Membranen, deren feinen Bau die Natur sich hätte ersparen können, wenn sie nichts als poröse Wände sein sollten, in denen die verschiedenen Stoffe zusammenkommen, wirken ohne Zweifel bei der Veränderung dieser mit, sei es, dass sie als ein dritter chemisch wirksamer Körper das Spiel der Wahlverwandtschaften in ihnen mitbedingen, oder dass sie durch eigenthümliche Molecularwirkungen physischer Art jene für die Kunst unnachahmlichen Bedingungen herstellen, unter denen allein die organische Verwandlung der Stoffe gelingt. Da es uns durchaus widerstreben muss, der lebendigen Natur völlig nutzlose Einrichtungen zuzutrauen, so können wir nur misstrauisch gegen Darstellungen sein, welche einen organischen Stoff mit Hilfe von Formelvergleichungen aus zwei andern hervorgehen lassen, ohne dabei im Entferntesten der Mitwirkung jener Einrichtungen zu gedenken. Die Einfachheit einer auf diese Weise gewonnenen Anschauung kann uns in vielen Fällen keineswegs als ein Zeugniss ihrer Wahrheit, sondern nur als ein Zeugniss der Unbesonnenheit gelten, die einen verwickelten Gegenstand mit höchst ärmlichen Hilfsmitteln überwältigen zu können glaubt.

157. Unter den Substanzen, die den thierischen Stoffverkehr bedingen, zieht der unablässig durch die Respiration eingeführte **Sauerstoff** am meisten den Blick auf sich. Wir sind nicht mehr gewöhnt, ihn als eine positiv belebende Kraft, als ein pabulum vitae zu betrachten. Ueberzeugt, dass ein äusserer Stoff nicht unmittelbar die Lebendigkeit erzeugen, sondern nur auf die Substrate umgestaltend einwirken könne, in deren Wechselwirkung sie begründet ist, hat man sich dazu gewandt, einen allgemeinen fortschreitenden Oxydationsprocess des Körpers als

diejenige chemische Bewegung anzusehen, in deren Verlauf die Anregungen zur Ausübung aller Lebensthätigkeiten erzeugt werden. Der Sauerstoff trat damit in die Reihe der Stoffe zurück, die in zweiter Linie dem Leben dienen, indem sie die Functionsfähigkeit der einzelnen Bestandtheile unterhalten. Auch über diesen Standpunkt, der ihm noch immer einen positiv belebenden Einfluss, obwohl in bescheidenerem Sinne zuschreibt, ist man in neuerer Zeit weiter zurückgegangen und hat ihn nur als ein corrigirendes Hilfsmittel aufgefasst, die Widerstände, die sich den Lebensfunctionen entgegenstellen, zu beseitigen. Gestützt auf die Beobachtungen, dass die Auswurfsstoffe des Körpers so wie die Producte, in die er absterbend übergeht, sauerstoffreicher sind, als die wirksamen Theile des Leibes, betrachtet Lehmann den Sauerstoff als ein Element, das nicht sowohl die organischen Stoffe für die Zwecke des Lebens höher ausbildet, als vielmehr sie fortwährend desorganisirt. Darin eben würde der Nutzen dieser beständigen Oxydation bestehen, dass durch sie die verbrauchten, abgenutzten Körperbestandtheile immer mehr zersetzt, in ihrem organischen Atomencomplex immer mehr erschüttert, und endlich in jene leichtlöslichen und ausscheidbaren Producte der Secretion verwandelt werden. So wenig wir indessen bezweifeln, dass in dieser völligen Zerstörung halbzersetzter und zu Hemmungen gewordener Stoffe ein grosser Theil der Wirksamkeit des Sauerstoffs bestehe, und dass sie von unberechenbarer Wichtigkeit für die Entwicklung des Lebens sein muss, so werden doch später uns einzelne Gründe für die Annahme zu sprechen scheinen, dass der Einfluss des Sauerstoffs nicht nur Hindernisse der Bewegung hinwegräumt, sondern auch positiv Processe erzeugt, die den Lebensfunctionen nöthig sind.

158. Ueberblicken wir die Analysen der Körperbestandtheile, so scheint der Satz nicht grundlos, dass mässige Einwirkung des Sauerstoffs das Eiweiss zu plastischen lebensfähigen Stoffen umwandle, fortgesetzte Oxydation dagegen aus diesen immer weniger functionsfähige, minder organisirbare Substanzen erzeuge, bis endlich mit völliger Zerstörung ihres früheren Baues die organischen Bestandtheile in Auswurfsstoffe von sehr einfacher Zusammensetzung zerfallen. So würden die aufsteigende anbildende Metamorphose, wie die absteigende, rückbildende nur verschiedene

Theile eines einzigen chemischen Processes sein, dessen fortwährende Dauer allerdings von der Natur sorgsam genug gesichert ist, um ihm diese wichtige Bestimmung zuzutrauen. Allein die zum Theil zweifelhaften Beobachtungen, nach denen im Verhältniss zum Kohlenstoff schon Fibrin reicher an Sauerstoff sein soll als Eiweiss, die leimgebenden Gewebe reicher als dieses, noch weiter oxydirt die Stoffe der äussern Bedeckungen, am reichsten an Sauerstoff endlich Harnstoff und Kohlensäure: alle diese gewähren uns keinen irgendwie brauchbaren Aufschluss über den Gang dieser Umwandlungen. So wenig Aufklärendes liegt in ihnen, dass wir selbst den Namen einer Oxydation, zu dem sie veranlasst, für eine der rohesten und willkührlichsten Vorstellungen erklären müssen. Denn nichts macht es uns wahrscheinlich, dass ein so zusammengesetztes Radical, wie es die eiweissartigen Körper sein würden, unmittelbar in seine Formel verschiedene Sauerstoffmengen aufnehme und mit ihnen verschiedene Oxydationsstufen bilde. Noch weniger können wir uns einbilden, dass die Kohlensäure der Exspiration das Product einer unmittelbaren Oxydirung des Kohlenstoffes sei, der in den organischen Bestandtheilen mit anderen Elementen verbunden ist. Ein so loses Aggregat von Stoffen sind die eiweissartigen Körper gewiss nicht, dass der Sauerstoff sie annagen und ihren Kohlenstoff auslaugen könnte, ohne ihren ganzen Zusammenhang geradezu aufzulösen. Jedenfalls erfolgen Bildungen und Zersetzungen stufenweis durch eine Reihe von Mittelgliedern, von denen wir bisher fast gar keine Kenntniss besitzen. Erst in letzter Zeit haben vortreffliche Untersuchungen Liebigs die Aufmerksamkeit wieder auf jene unter dem Namen der Extractivstoffe zusammengeworfenen Materien gelenkt, in welchen sich wahrscheinlich die Uebergänge organisirter Stoffe in Zersetzungsproducte, vorzüglich in Kohlensäure und Harnbestandtheile verbergen. Die sauerstoffreiche Inosinsäure, das stickstoffreiche, unter Umständen in Sarkosin und Harnstoff zerfallende Kreatin, der stickstofflose Inosit, sämmtlich aus der Flüssigkeit des Fleisches gewinnbar, scheinen einige dieser Mittelstufen der Zersetzung zu bilden.

159. Neben dem Sauerstoff als dem mächtigsten Erreger chemischer Processe nehmen die stickstofflosen Kohlenhydrate, deren wir bei dem vegetabilischen Chemismus weiter zu gedenken

haben, die Stelle benutzbarer Materialien, wenn nicht ausschliesslich, doch im Allgemeinen ein. Sie finden sich, eine einzige Anomalie in den Bedeckungen der Tunicaten ausgenommen, nicht als Formbestandtheil thierischer Körper und kommen selbst in seinen Säften nur in der Form des Zuckers vor. Cellulose, Pflanzenschleim und Gummi gehen unverändert durch den Darmkanal hindurch; Zucker und Stärkmehl, das letztere jedoch durch den Einfluss der Magensecrete in jenen verwandelt, werden vom Blut aufgenommen; beide, wenn sie in die tiefern Theile des Darmkanals gelangen, wandeln sich noch ferner unter Aufnahme von Wasser in Milchsäure um. Von diesen eingeführten Stoffen tritt nur wenig Zucker und Milchsäure im Harn wieder aus; der grössere Theil, der im Körper nicht wieder aufzufinden ist, wird wahrscheinlich durch die Respiration zu Kohlensäure und Wasser oxydirt. Man hat deshalb diese Stoffe im Verein mit den Fetten hauptsächlich als Respirationsmittel betrachtet, d. h. als Unterhalter der Verbrennung, durch welche die dem Thierkörper nöthige Wärme entwickelt wird. Zur Vollständigkeit fehlt es jedoch dieser Ansicht noch an einer Aufklärung, die wir überhaupt bis jetzt in der Physiologie vermissen. Eine gewisse Temperatur des Körpers ist allerdings eine constante Lebenserscheinung, und mit der Abnahme derselben sehen wir Störungen in den Verrichtungen verbunden. Gleichwohl ist der Grund dieser Wichtigkeit der Wärme nicht klar, und es ist fraglich, wie weit sie Bedingung, wie weit nur Effect des Lebens sei. Allerdings pflegt man sie für einen der ersten Zwecke der thierischen Oekonomie anzusehen, ohne dessen Erfüllung alle übrigen unerreichbar blieben. Wenn wir jedoch gern zugeben, dass der Körper eine Wärme besitzen müsse, hinreichend, seinen Säften Flüssigkeit, seinen festweichen Theilen Geschmeidigkeit, allen die Beweglichkeit zu sichern, ohne die keine Lebensfunction denkbar ist, so lässt sich doch die wirkliche Wärmeerzeugung der warmblütigen Thiere bis jetzt nicht erschöpfend hieraus erklären. Die kaltblütigen beweisen, dass im Wesentlichen dieselben nervösen Functionen, auf die es ankommt, auch bei viel niedrigeren Temperaturen möglich sind. Nicht einmal dies können wir zugeben, dass mit geringerer Wärme geringere Intensität der Lebensverrichtungen verbunden sei; viele kaltblütige Thiere übertreffen an Zähigkeit des Le-

bens die warmblütigen durchaus und stehen ihnen an Elasticität und Raschheit der Lebensäusserungen keineswegs allgemein nach. Wir würden unbedenklich die Wärme für einen Coeffect der Bedingungen halten, an denen die Lebensfähigkeit hängt, wenn nicht doch die Festhaltung einer gleichförmigen Temperatur von der Natur durch mancherlei Mittel, welche sie als Zweck erscheinen lassen, gesichert würde. Bis zur Entscheidung dieser Frage ist die Ansicht, welche die stickstofflosen Nahrungsmittel lediglich als Heizungsmaterial betrachtet, nicht überzeugend, obgleich wir nicht zweifeln, dass durch ihre Oxydation die Wärme als Effect, wenn auch nicht ausschliesslich durch sie, erzeugt werde.

160. Auch fehlt es nicht an Andeutungen anderer Verwendbarkeit beider Stoffklassen. Das früher erwähnte Vorkommen des Zuckers in dem Ei und der Milch scheint auf eine Mitbetheiligung desselben bei der Verwandlung der Körperbestandtheile hinzuweisen. Vergleichungen des Fettgehaltes gemästeter Thiere mit den Fettmengen der Nahrung haben die Annahme unabweislich gemacht, dass der Thierkörper auch aus Stärkmehl Fette zu erzeugen vermöge. Diese selbst endlich, abgesehen von ihrem mannigfachen mechanischen Nutzen, scheinen den bedeutendsten Umwandlungsprocessen nicht fremd zu sein. Lehmann fand, (Physiolog. Chemie. I. 1850. S. 273) dass die Milchgährung zucker- und stärkemehlhaltiger Substanzen durch eiweissartige Körper nur unter Zutritt bestimmter Fettmengen erregbar ist, und dass nicht minder zur Auflösung und Verdauung der stickstoffhaltigen Nahrungsmittel neben den übrigen Bestandtheilen des Magensaftes stets eine wenn auch geringe Quantität Fett gehört. Auch bildet ganz unähnlich den Kohlenhydraten, das Fett einen integrirenden Mischungsbestandtheil vieler thierischen Theile; es fehlt nie dem Nervenmark und haftet fest an den verschiedenen eiweissartigen Körpern; selbst die morphologische Bildung der Zellen scheint aus diesen niemals ohne Concurrenz der Fette zu gelingen. Diese Umstände zeigen hinlänglich, dass die stickstofflosen Körper sehr mannigfache Einflüsse ausüben, unter denen die Wärmeerzeugung durch Verbrennung, dem Masse nach die grösste Wirkung derselben, über die anderen bisher hinwegsehen liess.

161. Von sehr verschiedener Bedeutung sind gewiss die unorganischen Bestandtheile des Thierkörpers, die Salze der Al-

kalien, Erden und Metalle. Man hat durchaus keinen Grund, in jedem derselben eine wesentliche Beziehung zum Leben zu suchen. Da der Thierkörper bei der Aufnahme der Nahrung kein Vermögen besitzt, jedes Ungeeignete oder Schädliche zurückzuweisen, so kann man sich nicht wundern, alle jene löslichen Bestandtheile der Erdrinde, die durch Wasser ausgelaugt, sich in Getränk und Speise eindrängen, auch in das Innere des Körpers übergehen zu sehen. Doch sind nicht alle diese Stoffe für alle Thiere gleich unwesentlich; gleichgiltig für das eine, haben einige doch in andern besondere Zwecke zu erfüllen; mehrere sind für jede thierische Organisation unentbehrlich. Mangan, Blei, Arsen erscheinen überall als zufällige Eindringlinge; Kupfer, für die meisten Thiere bedeutungslos, hat vielleicht für einige niedere Thierklassen, Cephalopoden, Ascidien, Mollusken, in deren Blut und Leber es vorkommt, bestimmteren Werth; Kieselsäure, aus der einige Gattungen der Infusorien ihre Panzer bilden, und die der Vogel zu seinem Federwuchs bedarf, scheint in andern Thieren ohne besondere Bestimmung. Unentbehrlich dagegen ist das Eisen, dessen Gegenwart namentlich in dem Hämatin der Blutkörperchen für die Function dieser Theile und die Thätigkeit des Nervensystems, in einer freilich durchaus unbekannten Weise, unerlässlich zu sein scheint. Ebenso wichtig, noch ausgedehnter im Körper verbreitet und in seinen Stoffverkehr verflochten, treten die Salze der Alkalien und der alkalischen Erden auf; Chlornatrium, kohlensaurer und phosphorsaurer Kalk, kohlensaures und phosphorsaures Kali und Natron und phosphorsaure Magnesia. Die Erdsalze verleihen der leimgebenden Grundlage der Knochen ihre Starrheit und bilden die harten Schalen der Eier und die steinigen Hautbedeckungen vieler niedern Thiere. Aber weit über diese locale Aufgabe hinaus scheinen sie, und noch mehr die Alkalien, den Stoffverkehr mitzubestimmen, als Correctiva vielleicht, welche die leicht zersetzlichen organischen Stoffe in einer bestimmten Richtung der Umwandlung erhalten, und unter Umständen antiseptisch wirken. Die verschiedenen Formen der Proteinkörper werden vielleicht richtiger von ihrem Gehalt an diesen Salzen, mit denen sie sich wahrscheinlich in Aequivalenten verbinden, abgeleitet, als von Unterschieden der Oxydation oder Schwefelung; ihre verschiedenen

Löslichkeitsverhältnisse hängen jedenfalls von diesen Bestandtheilen ab, deren grössere Mengen Eiweiss aufgelöst erhalten, das ihrer beraubt, zur Gerinnung neigt. Selbst die Entwicklungsfähigkeit des Eiweiss zu den morphotischen Elementen der Zellen scheint an ihre Gegenwart gebunden.

162. Aber nicht nur so viele äussere Stoffe nimmt der Thierkörper auf, um sie durch die Gelegenheiten des Gegenwirkens, die er ihnen in den feinsten Verhältnissen seines Baues darbietet, zu einem gemeinsamen Ziele zu lenken; in das sich umwandelnde Gemisch der Nahrungsmittel führt er vielmehr noch Theile seiner eignen Substanz ein; in Zersetzung begriffene Stoffe, im ganzen Verlauf des Verdauungskanals von grösseren und kleineren drüsigen Organen abgeschieden, werden in die Bewegung der chemischen Processe hineingeworfen, durch welche die Nahrung der ersatzbedürftigen Körpersubstanz assimilirt werden soll. Sie sind sämmtlich ihrer chemischen Natur nach höchst unvollkommen bekannt; in viel zu geringen Mengen in meist sehr wasserreichen Secreten enthalten oder sehr veränderlich und leicht zersetzbar, entgehen sie der chemischen Analyse und können nur nach ihrem allgemeinen Verhalten der Gruppe der eiweissartigen Körper angereiht werden. Der schwach alkalische Speichel enthält eine eigenthümliche in Wasser, nicht in Alkohol lösliche, grauweisse, geruch- und geschmacklose Masse, den Speichelstoff, Ptyalin, dessen Einwirkung zwar die Eiweisskörper unberührt lässt, dagegen die Umsetzung des Stärkmehls in Traubenzucker rasch und kraftvoll einleitet, während die übrigen Kohlenhydrate nicht durch ihn verändert werden. Der Magen sondert einen wasserreichen Saft ab, dessen beständig saure Reaction wahrscheinlich der Milchsäure verdankt wird; aber weder ihr noch den mit anwesenden Salzen gehören die kräftigen digestiven Eigenschaften des Magensaftes. Sie sind gebunden an eine von zahlreichen Drüschen der Magenschleimhaut abgesonderte organische Substanz, die obgleich in reinem Zustande bisher nicht dargestellt, unter dem Namen des Pepsins bekannt ist. Eine Lösung dieses Körpers in 60,000 Theilen angesäuerten Wassers vermochte geronnenes Eiweiss in wenigen Stunden aufzulösen. Durch das Zusammenwirken aller Bestandtheile des Magensaftes wird die Umwandlung der eiweissartigen Stoffe ein-

geleitet, während die Kohlenhydrate dadurch keine Veränderung, der vom Speichel schon begonnene Umsatz des Amylum in Zucker keine Hemmung erfährt. Die Säure des Magensaftes dient theils dazu, leicht lösliche Bestandtheile des Speisebreis, namentlich die Salze, zur Aufnahme in das Blut geschickt zu machen, theils übt sie auf die Wirkung jenes organischen Fermentkörpers einen regulirenden Einfluss aus; wenigstens geht neutralisirter Magensaft sehr bald in Fäulniss über, deren Symptome der saure auch nach langer Aufbewahrung nicht zeigt. Welche Umwandlung die eiweissartigen Körper eigentlich während der Verdauung erfahren, ist nicht nachweisbar; flüssiges Eiweiss wird ohne vorgängige Gerinnung in das Blut aufgenommen; die geronnenen Stoffe zerfallen nach und nach in eine trübe Lösung und verlieren die gewohnten Reactionen, während ihre Zusammensetzung den Bestandtheilen nach dennoch die nämliche zu bleiben scheint. Die so veränderten Stoffe, unter dem Namen der Albuminose zusammengefasst, gehen nun in das Blut über. Bei weiterem Fortrücken im Darmkanal wirkt auf den Speisebrei der wasserreiche pankreatische Saft durch einen ähnlichen Fermentkörper ein, der sich durch den Fäulnissgeruch verräth, welchen das Secret des Pankreas, der Luft ausgesetzt, schnell entwickelt. Seine Wirksamkeit erschöpft sich in der Umwandlung des Stärkmehls in Zucker, und in der Zersetzung der in seiner Nähe in den Darmkanal eintretenden Galle, wodurch deren Bestandtheile unlöslich und zur Aussonderung durch die Excremente niedergeschlagen werden. Von gleicher aber schwacher Wirkung schliesst sich an ihn noch der Darmsaft, das wenig gekannte Secret zahlreicher Drüschen der Darmschleimhaut. Von dem, was wir über die Fähigkeiten dieser Stoffe trotz unserer höchst unvollkommnen Kenntniss derselben bereits wissen, lässt sich leicht auf eine noch viel grössere Reihe uns unbekannter, feiner bestimmter Aufgaben schliessen, zu deren Erfüllung sie gebildet sind. Weniger gilt dies von einem der massenreichsten Secrete, von der Galle, die, wie grosse Bedeutung auch ihre Absonderung in anderer Rücksicht für das Ganze des Organismus haben mag, doch auf die Verdauung keinen ihrer Menge und dem sie absondernden Organ entsprechenden Einfluss ausübt. Feinere Vertheilung des Fettes im Speisebrei, eine antiseptische Wirkung,

aus dem fauligen Geruch und der bedeutenden Gasentwicklung der Excremente bei Abschluss der Galle vom Darmkanal gefolgert und eine reizende Wirkung auf Schleimhaut und Muskeln der Gedärme sind die einzigen Effecte, die dem Secrete der Leber mit Wahrscheinlichkeit zugeschrieben werden.

§. 17.

Vom Chemismus im Pflanzenkörper.

163. Aus den holzigen Theilen der Pflanzen gewinnt man durch wiederholtes Auslaugen mit verdünnten Säuren, alkalischen und indifferenten Flüssigkeiten, welche anhängende andere Bestandtheile entfernen, einen in allen diesen Mitteln unlöslichen, zähen, faserigen, durchscheinenden Stoff, den Pflanzenzellstoff oder die Cellulose, $C^{24}\ H^{21}\ O^{21}$. So wie im Holzkörper der Bäume, so bildet diese Substanz auch in der übrigen Pflanze den formgebenden Bestandtheil ihres Skelets, die zarten Wandungen der Zellen, bis zu dem feinen Netzwerk, in welchem der Saft der fleischigen Früchte enthalten ist. Aber im Fortgange der Entwicklung treten zu der ursprünglich überall gleichen Membran der jungen Zellen theils unorganische theils organische Stoffe hinzu, die bald innig sich ihr anlagern, bald sich in sie infiltriren. So umgewandelt erscheint der Zellstoff von sehr abweichender Farbe, Dichtigkeit, Cohäsion und Elasticität, je nachdem er reiner geblieben, oder mit Erdsalzen und kohlenstoffreichen organischen Substanzen, wie im Holze, mit Kieselsäure wie in der Oberhaut von Equisetum, mit Kalk in den Samenhüllen vieler Pflanzen durchsetzt ist. Stickstofflose Substanzen, im Verhältnisse des C zu H der Cellulose gleich, fanden zuerst C. Schmidt in dem Mantel der Ascidien, Löwig und Kölliker allgemein in den Bedeckungen der Tunicaten.

164. Neben der Cellulose sind andere Stoffe weit verbreitet, die gleich jener O und H in wasserbildendem Verhältnisse enthalten, und mit ihr unter dem Namen der Kohlenhydrate vereinigt werden. Das Stärkmehl, Amylum, $C^{12}\ H^{10}\ O^{10}$, in seiner gewöhnlichen Form als weisses, körniges Pulver bekannt, in kaltem Wasser unlöslich, in heissem zu unvollkommner Lösung anquellend, durch Jod blau gefärbt, kommt in kleinen Körnchen, von einer Form, die für manche Pflanzengattung

characteristisch ist, als Inhalt in den Zellen abgelagert vor, in grösserer Menge besonders in den Samen der Hülsenfrüchte, der Cerealien, und in vielen dem Licht entzogenen Pflanzentheilen. Seine Stelle vertritt häufig, zuerst in Inula Helenium, dann in vielen andern Wurzeln aufgefunden, das mit ihm isomere Inulin, gelb gefärbt durch Jod, in heissem Wasser löslich. Von den Gummiarten, in trocknem Zustande geruch- und geschmacklosen, harten, durchsichtigen Körpern, scheint nur die eine Varietät, das Dextrin als bildungsfähiger oder verwendbarer Stoff aufgelöst in den Pflanzensäften von Bedeutung zu sein, während Arabin, meist nur in wenigen Zellen oder Höhlungen angesammelt, als Ausscheidungsproduct zu betrachten ist. Die verschiedenen Zuckerarten endlich, dem Amylum theils isomer, wie der Rohrzucker, theils durch Aequivalente von Wasser von ihm unterschieden, wie der Traubenzucker, sind aufgelöst sehr häufige Bestandtheile der Pflanzensäfte; in fester Gestalt zeigen sie sich zuweilen als krystallinische Ausblühungen auf Verdunstungsoberflächen, ohne jemals geformte Elemente der Gewebe zu bilden.

165. Innerhalb des festen Körpergerüstes, welches die Kohlenhydrate, oder vielmehr ausschliesslich die Cellulose herstellt, finden sich mit überraschender Analogie zu dem Baue des Thierkörpers beständig stickstoffhaltige Stoffe abgelagert vor, die nach ihrer Zusammensetzung und ihrem Verhalten zu der Reihe der eiweissartigen Körper gehören. Man hat selbst drei Formen unterscheiden zu dürfen geglaubt, die beziehungsweis als Pflanzenalbumin, Pflanzenfibrin und Pflanzencasein den entsprechenden Gliedern der thierischen Proteinreihe identisch seien. Sich selbst überlassen scheiden die frisch ausgedrückten Pflanzensäfte einen gelatinösen Niederschlag, das grüne Salzmehl ab, das vom Farbstoff befreit eine grauweisse elastische Substanz zurücklässt, die dieser freiwilligen Gerinnung wegen als vegetabilischer Faserstoff bezeichnet wurde. Durch Kochen wird aus dem ausgepressten klaren Pflanzensaft ein anderes Gerinnsel, das vegetabilische Eiweiss ausgeschieden. Die Samen der Hülsenfrüchte endlich enthalten in besonderer Menge eine dritte Modification, das Legumin, das in seiner gewöhnlichen Verbindung mit Alkali in kaltem Wasser löslich, beim Abdampfen eine unlösliche Haut absetzt und dadurch an das Casein der Thiere er-

innert. Keine dieser Substanzen bildet geformte Elemente des Baues; sie erscheinen vielmehr als schleimige oder membranförmige Auskleidungen der inneren Zellenwand und verschwinden meist während der spätern Ausbildung, dauern aber länger in den Theilen, deren Lebensthätigkeit sich weiter hinaus erhält. Aber sie fehlen keiner Pflanze und keinem entwicklungsfähigen Pflanzentheile, und da ausserdem krankhafte Veränderungen des Pflanzenlebens sich sehr früh durch eine Entartung der eiweissartigen Schleimschicht kund geben, so müssen wir diese Stoffe, obgleich ihnen hier nicht dieselben Verrichtungen übertragen sein können, die sie im Thierkörper erfüllen, doch als nothwendig für die Entwicklung des vegetabilischen Lebens betrachten.

166. Eine grosse Mannigfaltigkeit anderer Stoffe findet noch ausserdem im Pflanzenkörper Platz. Einige sind gewiss als fortwährend mitwirkende Kräfte bei der Entwicklung desselben betheiligt, und zu diesen müssen wir ausser den Säuren und Salzen, deren wir später zu gedenken haben, das stickstoffhaltige Chlorophyll, das mit Wachs vermischt, als eine Schicht kleiner grüner Kügelchen die eiweissartige Auskleidung der Zellenmembran überzieht, so wie die fetten Oele rechnen, die fast in allen Zellen zu irgend einer Zeit ihres Lebens in kleinen Mengen vertreten, in einzelnen Pflanzentheilen, mangelndes Stärkmehl ersetzend, sich zu Massen anhäufen, welche wie in der Olive oder den ölhaltigen Samen eine technische Gewinnung möglich machen. Andere Stoffe erscheinen für das weitere Leben der Pflanze ziemlich bedeutungslos, für die unbefangene Anschauung bilden sie hingegen gerade die feinsten, ausgebildetsten und zierlichsten Erzeugnisse, zu deren Herstellung im Ganzen des Naturlaufs die Pflanzen berufen sind. Stets wird es wenigstens der natürlichen Auffassung widerstreben, die ätherischen Oele, die gewürzhaften Stoffe, die Pigmente, denen Blumen und Früchte Geschmack, Wohlgeruch und Formenschönheit verdanken, mit demselben Namen der Absonderung zu bezeichnen, mit dem die Zoologie die Ausscheidungen unbenutzbarer oder abgenutzter Stoffe belegt. Dennoch muss die mechanische Ansicht dieser ästhetischen widersprechen, und jene Substanzen, so wie die häufig so giftig auf den Thierkörper wirkenden Alkaloide und die grosse Anzahl indifferenter Extractivstoffe

und **Milchsäfte** als Bildungen betrachten, deren Entfernung aus dem Saftlauf allein, nicht deren Verwendung die gesunde Entwicklung befördern kann. Wir finden sie in der That gewöhnlich in eigenen abgesonderten Zellengruppen oder besondern Höhlenräumen von dem übrigen Safte getrennt, und viele von ihnen sind, wenn ihre Aufsaugung künstlich herbeigeführt wird, sowohl für die Mutterpflanze, aus der sie gebildet wurden, als für andere Gewächse tödtlich.

167. Wenden wir uns nun zu den wenigen Vermuthungen, die uns über den Gang möglich sind, den der vegetabilische Chemismus bei der Erzeugung dieses ganzen Körpergebäudes nimmt, so kann dies wohl als feststehend gelten, dass der grösste Theil des Kohlenstoffs, dessen die Pflanze bedarf, von ihr aus der Kohlensäure der Luft und des Bodens, nur ein viel kleinerer Theil vielleicht aus andern organischen Stoffen der Dammerde entnommen wird. Aber die Kohlenhydrate enthalten alle weit weniger Sauerstoff, als nöthig wäre, um mit ihrem Kohlenstoff Kohlensäure zu bilden; noch ärmer an Oxygen sind Fette, Wachs und ätherische Oele; selbst die organischen Säuren, neben den genannten Stoffen ein Hauptbestandtheil der Säfte, sind sauerstoffärmer als Kohlensäure. Soll daher aus der letztern die Bildung der Gewebe erfolgen, so muss irgendwie der Schluss der dazu nöthigen Processe in einer Aushauchung freiwerdenden Sauerstoffs bestehen, gleichviel vor der Hand, durch welche Pflanzentheile, durch welche Kräfte und unter welchen begünstigenden Bedingungen dieser Austritt erfolgt. Aber nur eine sehr einfache Organisation, aus wenigen nicht sehr verschiedenen Zellen bestehend, könnte durch Aufnahme von Kohlensäure und Wasser mit Ausgabe von Sauerstoff ihr Wachsthum vielleicht, obwohl nicht ebenso wahrscheinlich ihren ganzen Lebenshaushalt, bestreiten; in einem zusammengesetzten Pflanzenkörper mit so abweichenden Bestandtheilen, wie wir sie eben in ihren gegenseitigen Verhältnissen schilderten, werden örtlich für einzelne Zellengruppen oder auch allgemeiner für einzelne Zeiträume der Entwicklung selbst ganz entgegengesetzte Erscheinungen auftreten können. Der Gaswechsel, den de Saussure's wichtige Beobachtungen wirklich an den Pflanzen kennen gelehrt haben, hat daher keineswegs die einfache Gestalt jener Desoxydation, die

wir freilich als Endergebniss des gesammten Vorgangs voraussetzen müssen, sondern zeigt sich in folgender Weise viel verwickelter. (Mohl, die vegetabilische Zelle in Wagners HWBch der Physiol.)

168. Alle nicht grün gefärbten Pflanzen und Pflanzentheile nehmen stets, alle grünen Theile im Dunkeln Sauerstoff auf und hauchen Kohlensäure aus. In sauerstofflosen Gasen oder unter der Luftpumpe eingeschlossen, verlieren die Pflanzen mit der Aufhebung dieses Gaswechsels sogleich ihre Lebensfähigkeit; Blatt- und Blüthenknospen entwickeln sich nicht, sondern faulen, die Richtung der Blätter nach dem Lichte, die Bewegungen auf Reize, wo sie vorhanden waren, und die des Schlafens und Wachens hören auf. Dieser Austausch von Gasen stimmt daher nicht nur in der Natur der Stoffe, sondern auch in seinen Wirkungen vollkommen mit der Athmung der Thiere überein, und lässt kaum eine andere, als die doppelte Erklärung zu, die auch bei dieser möglich ist. Es wird entweder durch Oxydation von Stoffen, deren Gegenwart die Ausführung der Lebensthätigkeiten hindert, diesen Luft geschafft, oder zugleich durch die Einführung des Sauerstoffs ein positiver Reiz zu ihrer Entfaltung hinzugebracht. Möglich, dass diese Respiration, gleich der der Thiere, in einer Beziehung zur Wärmeerzeugung steht.

169. Im Lichte saugen die grünen Pflanzentheile Kohlensäure ein und geben Sauerstoff aus. Unter den natürlichen Verhältnissen des Wachsthums im Freien überwiegt diese Aufnahme der Kohlensäure die Aushauchung derselben im Dunkeln, und vermag einen grossen Theil der Kohlenstoffzunahme zu decken, welche die Entwicklung verlangt, während ein unbestimmter anderer Theil von der Aufsaugung der Wurzeln herrührt. Ohne Zweifel ist daher dieser Gaswechsel als ein Ernährungsvorgang zu betrachten und seine Verkümmerung durch Entziehung des Lichts hindert die Entwicklung der Pflanzen auffallend, aber langsam, ohne wie die Unterdrückung der Athmung sie plötzlich abzubrechen. Die gebildeten Theile bleiben farblos, klein, entwickeln sich zwar häufig besonders nach Richtungen hin, die noch einigen Lichtzutritt gestatten, zu übermässigen Längen, behalten jedoch ein weicheres Gewebe, und bilden die eigenthümlichen Säfte nicht aus, die ihrer Gattung gehören. Der Zusammenhang zwischen dem ausgehauchten Sauerstoff und der aufge-

nommenen Kohlensäure ist uns noch unbekannt. Der erste ist vor seinem Austritt, die zweite nach ihrem Eintritt in dem Pflanzengewebe durch die Luftpumpe nicht nachzuweisen; die Menge des ausgehauchten Sauerstoffs richtet sich nach der der aufgenommenen Kohlensäure, doch ist sie geringer als der Sauerstoffgehalt der letztern selbst. Auch die Zufuhr der Kohlensäure durch die Wurzeln steigert die Aushauchung des Sauerstoffs durch die Blätter; Stücke von Blättern zeigen den Gaswechsel eben so wie ganze, aber er hört auf, wenn der Bau der Zellen durch Zerquetschung zerstört wird. Diese Thatsachen entfernen jede Vorstellung einer blossen Verdrängung der einen schon vorhandenen Gasart durch die andere und führen nothwendig zu der Annahme, dass die Kohlensäure nach ihrem Eintritt sofort chemisch gebunden wird und ebenso rasch eine Aussonderung von Sauerstoff aus Bestandtheilen der Pflanze vermittelt. In welcher Weise dieses aber geschehe, ist nicht zu entscheiden. Höchst unwahrscheinlich würde es jedoch sein, eine sofort erfolgende Zerfällung der schwer zersetzlichen Kohlensäure anzunehmen, deren Kohlenstoff etwa mit Wasser sich zu Kohlenhydraten verbände. Glaublicher ist es, dass eine Zersetzung von Wasser stattfindet, dessen Wasserstoff sich mit der Kohlensäure vereinigt, und seinen eigenen, so wie einen Theil des Sauerstoffs der letztern entweichen lässt. Es wird jedoch stets unmöglich sein, für diesen Gaswechsel eine befriedigende Erklärung zu geben, so lange wir ihn nur auf den Körper der Pflanze im Ganzen, nicht aber auf die einzelnen anatomischen und chemischen Bestandtheile derselben beziehen können, deren Veränderungen ihn eigentlich hervorbringen. Beachten wir, dass der Austritt von Sauerstoff an die grüne Färbung der Theile und die Einwirkung des Lichtes gebunden ist, so gewinnt die Annahme, dass hauptsächlich Verwandlungen des Chlorophylls ihn vermitteln, grosse Wahrscheinlichkeit; sie aber würde vermuthlich zu viel verwickelteren Zwischenvorgängen führen, als wir sie vorhin zwischen dem Eintritt der CO^2 und dem Austritt des O dachten.

170. Wir haben hierdurch unsere Unkenntniss der ersten Entstehung und der Weiterbildung der Pflanzenstoffe bereits ausgesprochen. Uebersieht man die Reihe der Kohlenhydrate, so

bemerkt man sogleich, dass sie durch sehr einfache chemische Umwandlungen, durch Aufnahme und Abgabe von Wasser, theils selbst durch blosse Aenderung ihrer Zusammensetzungsweise ohne Aenderung der Bestandtheile in einander übergehen können. Zucker und Dextrin, als lösliche Formen, erscheinen hierbei am tauglichsten, um das flüssige in den Säften verbreitete Ernährungsmaterial darzustellen, und in der That finden sie sich in grösserer Menge besonders, wo und wann neue Bildungen im Entstehen begriffen sind. Amylum und Pflanzengallert sind durch ihr Verhalten geeigneter, da einstweilen abgelagert zu werden, wo für spätere Gestaltentwicklung Material vorhanden sein soll; Cellulose endlich, als unlöslicher Stoff das letzte Erzeugniss dieser Umwandlungsreihe, könnte einer erneuten Benutzung nur durch Rückbildung in Zucker und Dextrin wiedergegeben werden. Durch Behandlung mit Schwefelsäure, so wie unter dem Einfluss stickstoffhaltiger in Zersetzung begriffener Substanzen, der Diastase in der keimenden Gerste, des thierischen Speichels, des Magensaftes lässt sich Stärkmehl und Dextrin in Traubenzucker verwandeln. Der Kunst gelingt daher zwar eine gewisse Umsetzung dieser Stoffe, aber durch Mittel, die keine Aehnlichkeit mit denen der Natur haben, und in einer Richtung, die im Bildungslauf der Pflanzen wenigstens nicht die wichtigere ist. Unbelehrt bleiben wir über die entgegengesetzte Umbildung von Zucker und Dextrin in Amylum, von Amylum in Cellulose, und nur vermuthen können wir, dass wahrscheinlich die eiweissartigen Körper in der Natur die Stelle solcher Anstösse zur Umwandlung vertreten, wie sie im Versuche von der Schwefelsäure ausgehen. Aber ganz im Allgemeinen halten wir es für einen Fehler, diese Frage überhaupt für eine rein chemische anzusehen. Die Bestandtheile, aus denen die Kohlenhydrate entstehen sollen, sind leicht zu beschaffen und zu vereinigen; dennoch entstehen sie ausserhalb des Pflanzenkörpers niemals aus ihnen. So geringfügig der Uebergang von Amylum in Cellulose zu sein scheint, da er nichts als Hinzufügung eines Aequivalents Wasser verlangt, so grosse Anstalten kann doch gerade diese Hinzufügung erfordern und ein Aufgebot von Molecularkräften, die von bestimmt geformten Theilen ausgehen, also eine Menge physiologischer oder lebendiger Wirkungen kann nöthig sein, um diesen scheinbar so

einfachen Schritt des pflanzlichen Chemismus nur möglich zu machen.

171. Den unwahrscheinlich grossen Sprung von der Kohlensäure und dem Wasser bis zu den Kohlenhydraten haben Liebig und Andere nach ihm durch das Zwischenglied der organischen Säuren auszufüllen gesucht. So viele einzelne Bedenken auch unsere Ungewissheit über die Lebensprocesse der Pflanze dieser Ansicht entgegenstellen mag, so wird sie im Ganzen doch immer eine grosse Wahrscheinlichkeit besitzen. Oxalsäure, Wein-, Aepfel- und Citronensäure sind so reichlich vorkommende in keiner Pflanze ganz fehlende Bestandtheile, dass sie im vegetabilischen Haushalt jedenfalls eine grosse Bedeutung haben müssen. Gewebe aber bilden sie nicht; halbfertige Ausscheidungen können sie ebenfalls nicht sein; man würde weder die Zersetzungsproducte, in die sie zuletzt zerfielen, noch bei der geringen Veränderlichkeit des Pflanzenkörpers die Quelle namhaft machen können, aus der so bedeutende Ausfuhrmassen herrührten. Kaum bleibt daher etwas Anderes übrig, als sie für Zwischenglieder zu halten, durch welche die unorganische Nahrung in die Baubestandtheile der Pflanze übergeht. Freies Alkali, das wir einen Augenblick in ihr voraussetzen, soll nach einer bekannten Analogie in Berührung mit dem kohlensauren Wasser der Pflanzennahrung die Bildung einer stärkeren Pflanzensäure anregen und mit dieser ein neutrales Salz erzeugen. Die stets nachströmende Kohlensäure zerlege dies zu einem sauren pflanzensauren Salze und bemächtige sich eines Theils der Base, mit diesem wieder ein neutrales Salz zusammensetzend, das im Fortgange der vegetabilischen Ernährung wiederholt dieselben Umgestaltungen erfahre. Aus dem sauren pflanzensauren Salze könne die Säure leicht durch freilich unbekannte Vorfälle im Stoffwechsel ausgeschieden werden, und eine begrenzte Menge von Alkali reiche so hin, eine unbegrenzte Menge von Kohlensäure und Wasser in freie, ternäre Pflanzensäuren umzuwandeln. Der weitere Uebergang dieser in neutrale Kohlenhydrate bleibt zwar verborgen, aber er ist jedenfalls ein leichterer Schritt, als der directe Sprung von der Kohlensäure selbst bis zu dieser Stoffgruppe. Vielleicht, dass die zahlreiche Reihe der Pektinkörper

ein neues Vermittlungsglied zwischen den Säuren und den Zuckerstoffen einschliesst.

172. Auch die Beobachtung der ersten Schritte des Wachsthums klärt die Bildung der Stoffe bis jetzt nicht auf. In den Samen findet sich Amylum, Schleim, eiweissartige Substanz und in verschiedenen Mengen Fett, das in einigen besonders ölhaltigen Samen die Stelle des Stärkmehls zu vertreten scheint. Die erste Entwicklung zehrt einen bedeutenden Theil dieser Stoffe auf, ohne sie zu Baubestandtheilen des Körpers zu verwenden, sei es nun, dass die Umwandlung des Stärkmehls in Zellenstoff, obgleich so einfach scheinend, dennoch Nebenumstände verlangt, die nur durch Aufopferung eines Theils der Masse erkauft werden können, oder dass andere, in allgemeinerer Weise die Lebenserscheinungen bedingende Verhältnisse, wie die höhere Wärme der keimenden Samen, dadurch hergestellt werden müssen. Unter Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure nimmt das Gesammtgewicht des sich entfaltenden Samens eine Zeit hindurch ab, und wächst erst später wieder, nachdem die entwickelten Theile zur neuen Stoffbereitung aus der Zufuhr von aussen genügen. Nicht nur das abgelagerte Stärkmehl ist während dieser Zeit aufgelöst und zum Theil wenigstens nach vorgängiger Verwandlung in Zucker verwendet worden, sondern auch die eiweissartigen Körper haben eine Zersetzung erfahren, deren nächsten Zweck wir jedoch nicht kennen. Geht, wie in unserm Klima bei vielen Pflanzen, die Vegetation periodisch aus einem perennirenden Stamme hervor, so knüpft sie auch hier an ähnliche Ablagerungen schon zubereiteter organischer Stoffe an, welche der vergangene Herbst als Rückstände der Verdunstung in den Wurzeln, dem Stamme und in der Nähe der entwicklungsfähigen Knospen zurückgelassen hat. Amylum fehlt diesen Theilen nie, und kommt in grösseren Mengen aufgehäuft in vielen unterirdischen Knollen vor, auch hier zur Zeit der Knospenentwicklung in Zucker übergehend. In vielen Bäumen bildet es durch eine gleiche Verwandlung den zuckerreichen Frühlingssaft, der mit dem Hervorsprossen des Laubes, in welchem er zur Bildung der Gestaltelemente verwandt wird, wieder verschwindet. Dextrin und eiweissartige Körper sind stets in vorzüglicher Menge in der Nähe der Knospen zu finden.

173. Noch weniger, als über die Entstehung der Kohlenhydrate, wissen wir über die der übrigen Bestandtheile der Pflanze. Der Stickstoff, dessen die eiweissartigen Körper, das Chlorophyll und manche zerstreut vorkommenden Erzeugnisse, wie die Alkaloide, bedürfen, rührt ohne Zweifel von den Ammoniaksalzen her, welche Luft und Wasser des Erdbodens stets enthalten, und deren künstliche Zuführung im Dünger die Erzeugung jener Bestandtheile so wie die Entwicklung der Pflanzen im Allgemeinen lebhaft steigert. Doch ist es fraglich, ob Ammoniak durch die Blätter und in welcher Gestalt es von den Wurzeln aufgenommen wird. Es scheint, als wenn es nur in Verbindung mit den organischen Säuren der Dammerde eine Form annähme, in der es von den Wurzeln, ohne giftig zu wirken, aufgesaugt werden kann. Ort und Art seiner weiteren Verwendung ist uns unbekannt; doch scheint die Thatsache, dass der aufsteigende rohe Nahrungssaft vieler Bäume reich an Ammoniaksalzen ist, die Bildung der eiweissartigen Körper entweder überwiegend in den Blättern oder in der ganzen Pflanze wahrscheinlicher zu machen, als ihre Zubereitung in den Wurzelspitzen, und ihre nachträgliche Verbreitung von da durch das übrige Gewebe. So unklar, wie ihre Bildung, ist ihr ferneres Schicksal. Sind sie bestimmt, wie es scheint, dem Laufe der chemischen Verwandlungen der übrigen Bestandtheile die entscheidenden Anstösse mitzutheilen, so vermögen sie dies schwerlich ohne fortdauernde Zersetzung ihrer eignen Substanz. Wir können wohl vermuthen, dass unter anderen das stickstoffhaltige Chlorophyll eine der Formen sei, die sich aus einer solchen Auflösung der eiweissartigen Körper entwickeln, aber weder über seine Entstehung noch über die aller übrigen Bestandtheile gestatten die bisherigen Erfahrungen irgend eine bestimmtere Ansicht.

174. Die Salze der Alkalien und der alkalischen Erden sind in den Pflanzen wie in den Thieren die beständigen Begleiter der organischen Stoffe und ihre Bestimmung ist hier so unbekannt wie dort. Nicht in der ganzen Menge, in der sie oft in den Pflanzen vorkommen, sind sie nothwendige Bestandtheile derselben; ein gewisses Mass zwar ist ihrem Gedeihen nöthig, eine zu grosse Menge schädlich; das richtige Aequivalent dieser Stoffe sich zu erhalten, schreibt man ihnen eine eigenthümliche

Fähigkeit zu. Uebermässige Zufuhr von Alkalien und Erden erwecke in ihnen eine Neigung zur Bildung von Säuren, durch welche jene nicht nur gesättigt, sondern häufig in Gestalt unlöslicher Verbindungen aus dem Saftverkehr ganz ausgeschieden würden; mangelnde Alkalien dagegen sollen einige Pflanzen zur aushilflichen Erzeugung organischer Alkaloide veranlassen, um das drohende Uebermass der Säurebildung zu vermeiden. Es ist jedoch zweifelhaft, ob die Alkalien, wie diese Ansicht es voraussetzen würde, für die Pflanze nur als basische Stoffe und nach Massgabe des Grades ihrer Basicität Werth haben. In einer gewissen Ausdehnung scheint allerdings eine Base die andere in derselben Pflanze vertreten zu können; doch hat dies seine Grenze, und die meisten Gewächse gedeihen nicht, wenn ihnen nicht von bestimmten Basen wenigstens gewisse Mengen dargeboten werden.

175. Wir haben oben (166) einige Stoffe namhaft gemacht, die wir als nicht weiter für die Entwicklung benutzbare Erzeugnisse ansehen mussten. Aber einestheils selbst in das ästhetische Bild des Pflanzenlebens mit aufgenommen, scheinen sie mechanisch betrachtet, nur Nebenproducte zu sein, welche bei der Bereitung der bildsamen Stoffe aus den Nahrungsmitteln abfallen. Unter diesen Gesichtspunkt gehören nicht nur die eigenthümlichen Milchsäfte, die ätherischen Oele, die Extractivstoffe und Alkaloide, sowie anderseits die Ausscheidung des Sauerstoffs, sondern auch die Absonderungen der Wurzeln, die bisher jedoch nicht sicher nachzuweisen gewesen sind, würden vermuthlich hieher zu rechnen sein. Eine fortschreitende Zersetzung dagegen anzunehmen, die auch die gebildete Substanz des Pflanzenkörpers beständig erneuerungsbedürftig machte, würden wir einen Grund nur etwa in der Unentbehrlichkeit der Aushauchung der Kohlensäure finden können, durch welche sich die Reizbarkeit der Pflanze von einem sich beständig erneuernden Widerstande zu befreien scheint. Aber diese Vorgänge sind bis jetzt noch zu vieldeutig, um den Gedanken einer eignen rückbildenden Stoffumwandlung begründen zu können. Eine Rückbildung, d. h. eine Umgestaltung, welche sie unfähig macht, den Lebensverrichtungen ferner zu dienen, erfahren die alternden Pflanzentheile allerdings, aber sie ist nicht als eine eigenthümliche zusammengehörige und organisirte Reihe von Vorgängen so in das Ganze des Haushalts aufge-

nommen, wie die durch eigene Werkzeuge geregelte Rückbildung der thierischen Theile. Durch ihren Oberflächenreichthum weniger zur Fäulniss als zur Vertrocknung geneigt, durften die absterbenden Pflanzentheile mit dem lebendigen Triebe, dem keine Aufgabe, nach aussen handelnd einzugreifen, grosse Beweglichkeit gebietet, lange Zeit in äusserlicher Verbindung bleiben und den Zersetzungsprocess erleiden, den ihnen die chemischen Gesetze auferlegen. Obwohl daher vieles an den Pflanzen sich fortwährend zersetzt und ausscheidet, so gibt es doch kaum Secretionen der Pflanze, d. h. solche, die von ihrem ganzen Organismus geleitet werden und zugleich wirkliche Bestandtheile der Gewebe wieder entfernen.

§. 18.

Ueber die Methoden des lebendigen Chemismus.

176. Ein Zeitalter ungeheurer chemischer Wirkungen liegt vor dem Anfang unserer Geschichte, erkennbar nur aus seinen Erzeugnissen, deren wenige durch den fortdauernden Kreis chemischer Processe an der Erde nachgeahmt, deren meiste selbst nur langsam durch das beständige Eingreifen dieser Kräfte zerrüttet werden können. An der Grenze, wo der flüssige Erdkern in die erkaltete und erstarrte Kruste übergeht, mögen unter dem Einfluss der centralen Hitze so kräftige Wechselwirkungen noch vor sich gehen; aber wenn nicht diese wilden Gewalten zuweilen noch ihre Erzeugnisse zerstörend in die einförmigere Thätigkeit der Oberfläche würfen, so würde nur die Kunst des Menschen und der Gebrauch, den auch er, obwohl in unendlich kleinem Massstabe von der Kraft des Feuers zu machen weiss, über die meisten der chemischen Verwandtschaften uns Zeugniss geben, auf denen die Gestaltung unsers Wohnplatzes beruht. Denn auf dieser erkalteten Kruste hat der Spielraum der chemischen Kräfte sich längst ins Kleine gezogen; die Stoffe von grosser und starker Verwandtschaft sind schon lange feste Verbindungen eingegangen, deren Gleichgewicht nur an wenigen beschränkten Punkten durch die Kräfte, welche menschlicher Verstand gegen sie vereinigt, gebrochen werden kann. Jene gewaltsamen Vorgänge, welche im Kleinen die Bewunderung des Beobachters in den chemischen Werkstätten erregen, werden im Grossen nicht

mehr von der Natur erzeugt; der Umlauf der Jahreszeiten und die wechselnde Vertheilung der Wärme, die Strömung der Gewässer und die Unruhe des Luftkreises, die einzigen Gewalten, welche in regelmässiger Wiederkehr die Stoffe veränderlich zusammenbringen und scheiden, reichen nur hin, leise Processe langwieriger Oxydation, allmählige Lösungen und Absetzungen zu bewirken und die ihrem Einflusse blosgestellten Erzeugnisse der Erdrinde durch Verwitterung anzunagen. Und gehen wir von der festen Oberfläche zu der Atmosphäre selbst über, so scheint hier das Spiel chemischer Kräfte gänzlich aufgehört zu haben; nur der Wasserdampf, empfindlich für die feinsten Veränderungen der Wärme und des Luftdrucks belebt dieses weite Reich durch die Täuschung beständiger Neugestaltungen und Zersetzungen, die jedoch die Grenzen mechanischer Formveränderungen nicht überschreiten.

177. Zwischen der erstarrten Erdrinde und der zwar beweglichen, doch einförmigen Atmosphäre eingeschlossen, ist das organische Leben zu seiner Entwicklung auf geringe chemische Kräfte angewiesen. In ausschliesslichem Verkehr mit den Epigonen gleichsam des geologischen Processes benutzt es zu seiner Entfaltung nicht jene schweren Stoffe von kraftvoller Verwandtschaft, deren Anziehungen seinen Zwecken zuwider lärmende Nebenerscheinungen mit sich führen würden, sondern Substanzen von geringer aber vielseitiger Affinität, in deren mannigfaltigen Verbindungen sich seine chemischen Thätigkeiten hin und her bewegen. Aus einfachen Elementen bildet wahrscheinlich weder der pflanzliche noch der thierische Körper die Bestandtheile seines Baues; die Pflanze nährt sich zwar überwiegend von unorganischen Stoffen, aber sowohl den Kohlenstoff als den Stickstoff scheint sie doch nur in Gestalt der Kohlensäure oder des Ammoniak aufzunehmen; das Thier entlehnt alle seine wesentlichen Bestandtheile schon fertig ausgearbeitet dem Pflanzenreiche, und legt an sie nur die letzte Hand zur völligen Aneignung. Obgleich indessen die Aufnahme und Verwendung chemischer Elemente nicht im Plane des organischen Haushalts liegen mag, scheint sie doch nicht gänzlich ausser der Leistungsfähigkeit seiner Kräfte zu liegen. Wenigstens beobachtet man bei hungernden Thieren, oder solchen, die plötzlich auf eine ungewohnte

Kost gebracht worden sind, eine nicht unbeträchtliche Einsaugung von Stickstoff, die man nicht ganz ohne Wahrscheinlichkeit auf eine aushilfliche Bildung eiweissartiger Körper aus jenem Element und andern organischen Stoffen deuten würde. Im Ganzen wird die Zusammensetzung einer Körpersubstanz aus den Elementen mehr Zeit und mehr Aufwand chemischer Arbeit erfordern, als ihre Combination aus bereits vorbereiteten nähern Bestandtheilen. In den Pflanzen, deren entwicklungsfähige Theile in dem Masse, in welchem sie Stoffe zu ihrer Gestaltung bedürfen, auch fast alle zur Ausarbeitung derselben mitthätig sind, kann daher eine Bildung aus den Elementen in hinlänglicher Ergiebigkeit erfolgen; in den Thierkörpern dagegen treten die stoffbereitenden Theile in Menge und Ausdehnung gegen die bedürfenden und verzehrenden mehr zurück und scheinen daher eine Abkürzung der Arbeit durch Verwendung schon weit vorgearbeiteten Bildungsstoffes nöthig zu machen. Keinesfalls aber kommen den organischen Körpern jene ausserordentlichen chemischen Kräfte zu, durch welche sie nach früheren Ansichten sogar Elemente in einander verwandeln oder aus Nichts erzeugen sollten; ein Chemismus von geringer Kraft und Amplitüde scheint vielmehr ihr allgemeiner Character, ausgezeichnet nur durch die Mannigfaltigkeit seiner Producte, in denen doch immer gewisse beständige Methoden des Verfahrens sich werden unterscheiden lassen.

178. Mit Recht hält man es jetzt allgemein für die Aufgabe der Wissenschaft, nachzuweisen, wie die Stoffumwandlungen der lebendigen Körper unter dieselben allgemeinen Gesetze fallen, die überhaupt chemische Processe beherrschen. Man muss sich jedoch hüten, die organischen Vorgänge, indem man sie auf die allgemeinen Grundlagen des Chemismus zurückzuführen glaubt, doch unversehens nur einem speciellen Erscheinungskreise zu vergleichen, der in der Natur nur neben andern unter jenen allgemeinen Gesetzen steht. Manches kann sehr wohl in dem Unlebendigen nur hier und da als einzelner zerstreuter Fall vorkommen, was dagegen im lebenden Körper folgerichtig als Grundlage einer ganzen Reihe von Vorgängen benutzt wird. Ungeachtet der gleichen Basis allgemeiner Gesetze, auf welcher der lebendige Chemismus neben dem der unorganischen Welt steht, kann er durch die Auswahl der Verfahrungsweisen, die er in

Anwendung zieht, dennoch als ein sehr eigenthümliches Reich von Vorgängen sich in sich selbst und von aussen abgrenzen. Wir dürfen daher diejenigen Vorstellungsweisen, an welche uns die weit überwiegende Mehrzahl der unorganischen Erscheinungen gewöhnt hat, nicht ohne weiteres als die einzigen möglichen Muster der Erklärung für die Vorgänge des Lebendigen ansehen. Die Fortschritte der physiologischen Chemie scheinen uns vielmehr unvermeidlich zu einer Erweiterung und Umgestaltung mancher Vorstellungen führen zu müssen, welche die Chemie, unter Analysen unorganischer Körper zuerst grossgezogen, bisher allgemein voraussetzte, ohne doch mit ihnen bei der Erklärung der Erscheinungen überall auszureichen.

179. Aenderung der Zusammensetzung durch Weggang vorhandener, durch Zutritt neuer Stoffe ist der chemische Vorgang, der sich zur Erläuterung der Umwandlungen der Substanzen immer am einfachsten darbietet. Er kommt im lebendigen Körper in grösster Ausdehnung vor und zwar lassen uns vielfältige Erfahrungen auch darüber nicht in Zweifel, dass das Gesetz der Verbindung der Elemente nach festen Aequivalenten hier wie in dem unorganischen Chemismus eine früher mit Unrecht beanstandete Anwendung findet. Keineswegs ebenso klar ist es dagegen, welche Wichtigkeit für den lebendigen Haushalt diese Form der chemischen Processe hat. Zersetzungen und Zusammensetzungen sind uns bis jetzt hauptsächlich an denjenigen organischen Bestandtheilen bekannt, die entweder dem Leben keine beträchtlichen positiven Dienste mehr leisten, oder die sogar der rückbildenden Umwandlung angehören. Je mehr wir uns den Auswurfsstoffen nähern, desto mannigfaltiger wird die Zersetzung, die Spaltung der zusammengesetzten Substanzen in nähere Bestandtheile, die zum Theil durch Krystallisirbarkeit und entschiedenes chemisches Verhalten gegen andere sich deutlich als wohlbegrenzte Combinationen bestimmter Aequivalente der Elementarstoffe ausweisen. Je mehr wir uns dagegen dem Kreise der Bestandtheile zuwenden, an denen die wesentlichsten Lebensfunctionen hängen, desto unbestimmter und verwaschener werden alle diese Züge, und die Erfahrung wenigstens ist es nicht, die uns lehrt, dass auch in ihnen der chemische Process in einer nach proportionalen Aequivalenten geordneten Reihenfolge von Zusam-

mensetzungen und Trennungen verlaufe. Dies kann allerdings die Schuld der ausserordentlichen Schwierigkeiten sein, welche der Beobachtung und Analyse dieser Processe entgegenstehen; dennoch ist es der Frage werth, ob überhaupt die Voraussetzung, der man sich hingibt, auch hier nur den gewohnten Aequivalentenverbindungen zu begegnen, eine nothwendige und begründete ist.

180. Es ist sehr natürlich, dass die Chemie bei der Untersuchung der organischen Körper hauptsächlich die Frage verfolgt, aus welchen Stoffen und durch welcherlei Formen der Zusammensetzung und Zersetzung andere Stoffe hervorgehen. Es ist jedoch eben so natürlich, dass die Physiologie daran kein Genüge findet. Weder der vegetabilische noch der thierische Organismus ist ein Apparat zu blosser Massenerzeugung, dessen Aufgabe durch die Herstellung einer bestimmten Anzahl qualitativ verschiedener Stoffe gelöst wäre; in den Pflanzen wird die chemische Substanz gebildet, um Gestalten, in den Thieren, um zugleich Gestalt und Functionen zu begründen. Es ist nicht wahrscheinlich, dass diese beiden Aufgaben, die chemische und die vitale, verbindungslos neben einander stehen sollten, oder dass die Stoffe, *nachdem* sie chemisch ausgebildet sind, nun erst ihre plastische oder irritable Function begönnen. Alles lässt uns vielmehr vermuthen, dass eben jene ihrem nähern Ansehn nach uns freilich unbekannte innere Erschütterung und Bewegung, welche sie während des Actes ihrer chemischen Umgestaltung erfahren, zugleich die Quelle ist, aus welcher der Anstoss für ihre Functionen fliesst, der Reiz, durch welchen gebundene Kräfte zum Vollzug einer Leistung ausgelöst werden. Während die Stoffe chemisch thätig sind, scheinen sie allein lebensfähig zu sein; nach dem Aufhören des chemischen Processes besitzen sie nur physische Eigenschaften, die dem Leben zwar unentbehrliche Dienste mittelbar leisten, ohne selbst jedoch seine Thätigkeiten entzünden zu können. Nicht diese Frage hat daher das grössere Interesse, wie und woraus irgend ein Bestandtheil sich bilde, sondern die andere würde die Aufgabe einer wahrhaft physiologischen Chemie ausmachen, zu bestimmen nämlich, was er dem Leben durch sein Entstehen oder Vergehen Nützliches leistet, oder welche *vitale Arbeit* der chemische Process seiner Bildung

oder Zerstörung verrichtet. Nur in wenigen Fällen wissen wir hierüber etwas; die Erzeugung der Wärme durch die Athmung ist ein solcher Gewinn chemischer Processe, der dem Leben, obgleich nur mittelbar und in nicht nachzuweisender Form, zu Gute kommt; in der Mehrzahl der Fälle aber sind unsere chemischen Kenntnisse noch lange nicht Bruchstücke einer physiologischen Chemie, sondern noch immer nur einer Chemie organischer Producte, während das Wesentlichste, der Gewinn aller dieser Umwandlungen für die Verrichtungen des Lebens, bei dieser Betrachtungsweise als ein leichtflüchtiges Nebenproduct ganz verraucht.

181. Fassen wir nun diese physiologische Frage ins Auge, auf welche Weise der Chemismus nicht nur für die Herstellung der Masse, sondern auch für die ihrer Function etwas leiste, so erscheinen uns die Verbindungen nach festen Aequivalenten nicht geeignet, um alle Lebensaufgaben zu erfüllen. Von einem Muskel z. B. ist es zwar nicht gewiss, aber wahrscheinlich, dass seine Contraction mit einer Veränderung seines chemischen Bestandes verbunden sei, und zwar mit einer solchen, die sich nicht auf eine Umgestaltung seiner Zusammensetzungsform beschränkt, sondern vom Austritt einzelner Theile begleitet ist. Hier ist es nun schwer sich vorzustellen, dass bei jeder Zusammenziehung ein Aequivalent irgend welches Elements aus seiner Substanz ausscheide. Denn es gehört wesentlich zu der Function des Muskels, dass seine Contraction nicht stets mit demselben Grade der Geschwindigkeit und Kraft geschehen müsse, sondern mit sehr verschiedenen in verschiedenen Augenblicken geschehen könne. Eine nach Aequivalenten fortschreitende Veränderung scheint sich diesen stetig in einander verfliessenden Graden der Thätigkeit weder als Folge anschliessen, noch sie als Ursache hervorbringen zu können. Ueberall, wo lebendige Functionen in einer stetigen ununterbrochenen Reihe von Graden der Stärke, Ausdehnung und Dauer durch chemische Verbindungs- oder Zersetzungsprocesse hervorgerufen und unterhalten werden sollen, ist es uns deshalb wahrscheinlich, dass die dazu dienenden Substrate zwar im Zustande der Ruhe eine feste Zusammensetzung nach Aequivalenten besitzen, dass sie aber im Stande sind, auch ohne feste Proportionen vorübergehend Stoffe zu binden oder zu entlassen und

dadurch Verbindungen von wandelbarem Gleichgewicht zu erzeugen, die nach dem Aufhören der Function sich bald wieder zu jenen proportionalen Zusammensetzungen von festerem Gefüge und beständigerer Dauer zurückbilden.

182. Wir wollen diese Hypothese übrigens weder lehren, noch ihre Wichtigkeit und Ausdehnung übertreiben. Einen Grund zu ihrer Annahme würden wir immer nur in wenigen höheren Lebensfunctionen finden: der grösste Theil des Stoffwechsels macht sie weder nöthig noch wahrscheinlich. Wir haben ihrer einzig gedacht, weil das Ganze des organischen Chemismus uns allerdings nicht einer Reihe kaleidoskopischer Bilder vergleichbar scheint, deren jedes, durch einen Stoss zerstört, sich sofort wieder sprungweis und ohne jede Allmählichkeit des Werdens in ein gleich symmetrisch geschlossenes und verfestigtes umwandelt. Das, wodurch der Chemismus dem Leben von Werth ist, liegt nicht ausschliesslich zwar, aber doch grossentheils z w i s c h e n den einzelnen chemischen Verbindungen, und zwar in dem doppelten Sinne, dass eben sowohl die Processe wichtig sind, durch welche die eine in die andere übergeht, als auch die stetigen nach Aequivalenten nicht bestimmten Mittelstufen, welche den Abstand zweier Verbindungen ausfüllen. Was dies Letztere betrifft, so würden wir hier zu weit ab von unserem Gegenstand gerathen, wenn wir nachweisen wollten, dass in der That die unproportionirten Verbindungen der Stoffe als der allgemeinere Fall sich ansehen lassen, dass aber viele Klassen derselben unter dem nie abzuhaltenden Einflusse der äussern Umstände kaum eine augenblickliche Existenz besitzen und unaufhaltsam in die nach Aequivalenten geordneten Zusammensetzungen übergehen, in denen ihre Kräfte allein mit sich und den äussern Gegenwirkungen ein dauernderes Gleichgewicht finden. Die Chemie folgt bekanntlich anderen Vorstellungsweisen und trennt die zwar homogenen aber nicht nach festen Verhältnissen geordneten Mischungen von Stoffen von den proportionirten Verbindungen als den eigentlich allein chemischen ab. Die Naturphilosophie hätte die Pflicht, Gründe und Gegengründe dieser Auffassungsart zu untersuchen; für uns ist es hier erlaubt, uns dem chemischen Sprachgebrauch vielmehr zu fügen und unsere Vermuthung dahin auszudrücken: dass zur Begründung mancher wesentlichen Lebensfunctionen nicht che-

mische Verwandtschaftskräfte im engern Sinne, die nach Aequivalenten der Elemente wirken, sondern moleculare Anziehungen und Verwandtschaften der kleinsten Theile aufgeboten werden, die von diesen Zahlenverhältnissen unabhängig sind, und deren Wirkungen auf die lebendig fungirende Substanz erst secundär jene neuen wieder nach Aequivalenten bestimmten Zusammenordnungen der Stoffe hervorrufen.

183. Die bisherigen Betrachtungen gingen von der Annahme aus, dass die Verschiedenheit der organischen Stoffe von der Verschiedenheit ihrer Bestandtheile abhänge. Es wäre indessen möglich, eine Anzahl derselben auch durch Abweichungen der Zusammensetzungsweise begründet zu denken, so dass der organische Chemismus hauptsächlich aus einer Reihe polymorpher oder isomerer Umwandlungen bestände. Diese Annahme würde eine gewisse teleologische Empfehlung für alle jene Stoffe zu besitzen scheinen, die zu dem eigentlichen Baue des Körpers bestimmt sind, und zwar, um so näher sie noch dem lebendigen Herde des Stoffwechsels liegen, und je activer noch ihre Function ist, um so mehr würden sie wahrscheinlich isomerischen Verschiedenheiten der chemischen Zusammensetzung, je entfernter vom Stoffverkehr und je passiver ihre Dienstleistungen, um so mehr nur polymorphen Verschiedenheiten ihrer physikalischen Eigenschaften ihre Unterschiede verdanken. Indessen wenn man auch in den so verwickelten Atomencomplexen der organischen Stoffe polymorphe Verschiedenheiten der Cohäsion, Dichtigkeit, Härte, Elasticität und der übrigen physischen Eigenschaften selbst mit mancherlei Rückwirkungen auf ihr chemisches Verhalten nicht an sich für unmöglich halten darf, so ist es doch bei ihrer allgemeinen Durchfeuchtung, ihrem festweichen Zustande und bei den chemischen Einflüssen, denen sie stets ausgesetzt sind, wenig wahrscheinlich, dass sie Gelegenheit haben sollten, eine dieser Modificationen ihres Aggregatzustandes dauernd beizubehalten. Polymorphismus würde daher nicht leicht anderswo, als bei den Bestandtheilen der äussern Bedeckungen angenommen werden können, aber bei ihnen, so wie bei den festeren Gewebtheilen der Pflanzen ist es dennoch viel wahrscheinlicher, dass ihre Unterschiede theils von der Anlagerung und Einsprengung anderer

Stoffe, theils von den Graden des Wassergehaltes und der Austrocknung herrühren.

184. Isomerie der Zusammensetzung ist in zahlreichen Producten des organischen Chemismus eine eben so sicher bewiesene Thatsache, als die Erklärung dieser Erscheinung bisher unsicher und illusorisch ist. Wenn zwei Körper sich bei der Analyse in dieselben proportionalen Mengen derselben Elemente zerlegen lassen und doch vor der Zersetzung sich durch chemische und physische Eigenschaften unterschieden, so ist freilich gewiss, dass ihr Unterschied entweder auf Verschiedenheiten imponderabler Bestandtheile, die sich der wägenden Analyse entziehen, oder auf Abweichungen in der Zusammensetzungsform derselben ponderablen Elemente beruhen muss. Man hat den ersten Fall, da in der That die Beobachtungen bisher keinen Anknüpfungspunkt für seine weitere Untersuchung darboten, auf sich beruhen lassen, und die Isomerie gewöhnlich auf eine verschiedene Anordnungsweise der Atome der mit einander verbundenen Elemente zurückgeführt. Ich will hierbei nicht tadeln, dass diese Erklärung sich nur einer streng atomistischen Auffassungsweise anschliessen lässt, denn einestheils ist es in der That ein metaphysischer Irrthum, den Begriff der Atome nicht zulassen zu wollen; anderseits würde es äusserst schwierig sein, eine dynamische Anschauung der Sache aufzustellen, welche auch nur die geringen Vortheile gewährte, die uns die atomistische bietet. Wollte man auch dynamisch den Unterschied der Verbindungsweise in eine Verschiedenheit in der Grösse der Anziehung oder der chemischen Spannung ihrer Kräfte setzen, so ist doch ohne Differenz der Bestandtheile das Vorhandensein verschiedener Kräfte unbegreiflich; sollte diese aber von bedingenden Nebenumständen begründet sein, so bleibt doch bei einer wirklichen chemischen Durchdringung der Elemente ganz unklar, woher die Scheidewand oder die innere Abmarkung kommen soll, welche die Elemente in einigen Verbindungen in einer geringeren Spannung erhielte, und sie am Uebergang in die innigste Vereinigung hinderte. Räumliches Aussereinandersein und verschiedenartige Lage der Atome wird immer die anschaulichste Vorstellungsweise sein, aus welcher sich solche bedingende Nebenumstände herleiten zu lassen scheinen. Dennoch ist auch dies eigentlich nur ein Schein.

Es fehlt gänzlich an einer Einsicht in die Gründe, durch welche die Stabilität einer solchen Lage oder die Gesetzmässigkeit ihres Uebergangs in eine andere sich erklären liesse. Ist eine isomere Verbindung in der einen ihrer Modificationen nicht im Gleichgewicht ihrer Kräfte, so wird sie gar nicht bestehen, sondern stets die andere Modification als ihre Gleichgewichtslage aufsuchen müssen. Man müsste deshalb voraussetzen, dass in jeder ihrer Modificationen die Kräfte der Elemente im Gleichgewicht sind, aber dies erschwert die Erklärung der so häufigen Umsetzung einer isomeren Substanz in die andere.

185. Diese Betrachtungen würden hier ganz gleichgiltig sein und der Chemie allein zu weiterer Untersuchung überlassen bleiben können, wenn nicht von der Aufhellung dieses Punktes die Ansicht darüber abhinge, welche Vortheile der Isomerismus für den organischen Stoffwechsel gewähren könne. Wir haben gesehen, dass die Gruppe der Kohlenhydrate mehrere isomere Glieder enthält; die Analysen der Proteinkörper lassen deren Zusammensetzung so identisch erscheinen, dass auch hier der Gedanke an eine Reihenfolge isomerer Körper vielfach gefasst worden ist. Es lag daher nahe, diese Art chemischer Bildung und die Art der Processe, die aus der Umwandlung einer Form in die andere entstehen, als besonders bedeutungsvoll und characteristisch für den organischen Chemismus anzusehen. Nicht durch beständiges Hinzutreten neuer Stoffe und Ausscheidung älterer, sondern selbstgenügsamer und in sich abgeschlossener durch eine fortwährende innere Bewegung, durch welche die Structur eines Atomencomplexes die mannigfaltigsten Abänderungen erfahre, sollte das Leben alle die Stoffe erzeugen, die zu seinen Diensten ihm nöthig sind. Eine eigenthümliche Sparsamkeit in der Grösse der chemischen Processe, ein Glanz von Einheit in der Mannigfaltigkeit schien diese Handlungsweise auszuzeichnen, der gegenüber nur die Destruction des Organischen und seine Wiederassimilation an die Aussenwelt dem gewöhnlichen Wege der Umwandlung durch Aufnahme und Abgabe von Stoffen folge. Es wäre ohne Zweifel sehr ansprechend, wenn man auch nur den wesentlichsten Kreis der chemischen vitalen Processe auf ein solches ausschliesslich festgehaltenes Princip des Verfahrens zurückführen könnte. Wie weit es sich in der That herrschend beweist, müs-

sen wir der Erfahrung zu entscheiden überlassen; die theoretischen Gründe dagegen, seine Herrschaft für wahrscheinlich zu halten, scheinen uns nicht überzeugend. Auf den ersten Blick kann die Umlagerung der Atome eines Complexes in eine neue Form allerdings als eine leichtere Leistung erscheinen, als die Schöpfung einer neuen Verbindung, und doch ist dies ein grundloser Schein; wir wissen durchaus nicht, ob nicht zur Durchführung derselben bedeutendere Anstösse nöthig sind, als zum Eingehen einer neuen Verbindung, wozu ja nichts Anderes als das Zusammenkommen der zu vereinigenden Stoffe erforderlich ist. Es mögen in der Oekonomie des Organismus allerhand uns unbekannte Verhältnisse vorkommen, welche einen fortwährenden Uebergang des organisirbaren Stoffs aus einer in die andere Modification ohne Aus- oder Eintritt neuer Substanz nützlich machen; aber darauf kann man diesen Nutzen schwerlich beziehen, dass durch den Isomerismus der Körper sich einen Kraftaufwand erspare. Ist doch die Kraft, durch welche chemische Umwandlungen hervorgebracht werden, keine andere als die der chemisch thätigen Molecule selbst, nicht erzeugt durch eine Lebensfunction des Organismus; von diesem erwarten die chemischen Processe nur die Herstellung gewisser Bedingungen ihres Eintretens. Ob diese für die eine oder die andere Form des Processes leichter zu liefern sind, ist ganz unbeurtheilbar. Viel eher würden wir als eine nützliche Seite der isomerischen Umwandlungen die Langsamkeit betrachten, mit der sie meist zu Stande kommen und sich von Molecul zu Molecul fortpflanzen, im Gegensatz zu der Augenblicklichkeit, durch die andere chemische Vereinigungen sich weniger für manche Lebensprocesse eignen dürften.

186. Den lebendigen Chemismus mit einem einzigen seiner Processe zu identificiren, das Leben etwa eine Oxydation oder eine Verbrennung zu nennen, liegt längst nicht mehr in den Gewohnheiten der Zeit. Aber nachdem man die grosse Mannigfaltigkeit des hier Geschehenden kennen gelernt hat, bleibt es doch immer eine wichtige Aufgabe, die vorkommenden Processe in gewisse Klassen zu sammeln, und die gemeinsamen Operationen, die ihnen zu Grunde liegen, aufzusuchen. Die organische Chemie ist bekanntlich schon jetzt reich an solchen Ansichten, welche die verschiedenen Stoffe in Gruppen von analoger Zusam-

mensetzung, analogem Verhalten gegen andere und correspondirender Zersetzungsweise vereinigen, und schon jetzt ist es möglich geworden, durch allgemeine Formeln gewisse Typen der Construction zu bezeichnen, die nicht nur viele verschiedene Glieder umfassen, sondern zu andern Typen selbst wieder in merkwürdigen Beziehungen stehen. Man kann es wohl für gewiss halten, dass auch der lebendige Chemismus nicht in eine Summe unter einander beziehungsloser Einzelprocesse zerfällt, sondern dass sich in ihm verschiedene Stufen des Fortschritts finden, deren jede zur Erzeugung einer solchen nach bestimmtem Typus zusammengesetzten Stoffklasse führt. Im Thierkörper würden aus dem eingeführten Bildungsmaterial beständig dieselben Stoffklassen, im Pflanzenkörper selbst successiv andere entwickelt. Die Zeit der Blüthe und der Fruchtreife würde nicht nur als vereinzelte Thatsachen die Bildung einiger specifischer Substanzen einschliessen, sondern der gesammte Chemismus, gleichsam auf ein höheres Niveau seines Wirkens gelangt, würde jetzt diese neuen Typen der Stoffe erzeugen.

187. Allerdings können wir eine solche Beschränkung des organischen Chemismus auf gewisse immer wieder betretene Wege vor der Hand nur als eine merkwürdige Thatsache ansehn, ohne ihre genauere Beziehung zu den Lebenserscheinungen nachweisen zu können. Dass nicht an jeder einzelnen Stelle des Stoffverkehrs ganz einzelnstehende Verbindungen, ohne Analogie mit andern geschehen, scheint freilich schon eine nothwendige Folge der Verhältnisse, in denen der Körper zur Aussenwelt steht. Es sind im Ganzen immer dieselben Stoffe, die ihm zum Ersatz und zur Weiterbildung zugeführt werden, und zwar sind dieser brauchbaren Stoffe sehr wenige; es sind ferner auch wesentlich dieselben äussern Reize, die während seiner ganzen Entwicklung auf ihn einwirken; auch die organischen Functionen, durch die er dies Material bearbeitet, ändern sich nicht erheblich. Aus diesen Umständen lassen sich zwei Bedingungen ableiten, denen die verwendbaren organischen Stoffe genügen müssen. Sie bedürfen zuerst die Fähigkeit, durch die fortgehende Einwirkung derselben Bedingungen von aussen weiter entwickelt zu werden, aus einem Typus der Zusammensetzung in einen andern übergehen zu können, um den veränderten Aufgaben zu ent-

sprechen, die im Verlauf des Lebens entstehen; sie müssen ferner auf jeder Stufe dieses Umwandlungsprocesses nicht nur in einer, sondern in mehreren unter einander analogen Formen möglich sein, um durch das Gemeinsame ihres Typus die allgemeinen physiologischen Functionen, durch ihre besonderen Unterschiede jene Mannigfaltigkeit begründen zu können, mit der wir jede Leistung in verschiedenen Theilen der Pflanzen- und Thierwelt auftreten sehen. Denn jedes Element des Körpers pflegt mit den übrigen gewisse gemeinsame Aufgaben zu haben, die es nur durch ein formell gemeinsames Verhalten löst, jedes hat aber auch Aufgaben für sich, die eigenthümliche Fähigkeiten und damit in gewisser Ausdehnung wenigstens auch eigene Substrate voraussetzen. Sehen wir nun den Chemismus des Körpers, wie früher, hauptsächlich in seinem Bezug auf die Lebensfunctionen an, so kann es uns scheinen, als wenn die Analogie der Functionen durch den analogen Typus der Zusammensetzung, ihre Differenz durch die Unterschiede derselben begründet werde. Der Grad der Acidität oder Basicität, die Fähigkeit, gepaarte Verbindungen mit andern Stoffen einzugehen, gewisse Gewohnheiten der Spaltung und des Zerfallens in andere Atomencomplexe, ein eigenthümliches Verhalten gegen indifferente Stoffe sind Eigenschaften, durch welche sich die einzelnen Bestandtheile des Körpers dem allgemeinen Plane des organischen Chemismus einfügen, und sie hängen hauptsächlich von der Verbindungsform der Atome, von jenem Typus ab, während es in gewissen freilich engen Grenzen gleichgiltig ist, welche Elemente es sind, die sich in diesem Typus zusammenfanden. Durch die besonderen Folgen dagegen, welche die Eigenschaften der Elemente herbeiführen, würden sich die einzelnen Körperbestandtheile auch in ihrer speciellen Eigenthümlichkeit und Zweckmässigkeit geltend machen. So scheint es, als wenn für den allgemeinen Verlauf des vegetabilischen Chemismus die Alkalien hauptsächlich als Basen überhaupt von Wichtigkeit wären und einander gegenseitig vertreten könnten; dennoch wird es für die feinere Form der Ausbildung oder für die Differenzen verschiedener Pflanzengattungen nicht gleichgiltig sein, durch welches Alkalimetalls Oxyd diese Eigenschaft der Basicität dargeboten wird. Aehnliche Verhältnisse bietet die formenreiche Reihe der Fette in der Thierwelt dar.

188. In den Pflanzen bilden die organischen Säuren, die Kohlenhydrate und die Oele und Fette drei solche Gruppen von Körpern, die alle aus Kohlensäure und Wasser hervorgegangen, verschiedene Zusammensetzungstypen darbieten, und deren jeder eine eigenthümliche Klasse von Verrichtungen zugewiesen scheint. Liebig hat den Versuch gemacht, (die Thierchemie, 1846. S. 90 ff.), die Analogie der Zusammensetzung zwischen den einzelnen Gliedern jedes Typus und den Uebergang der verschiedenen Gruppen in einander anschaulich zu machen. Dies hier zu wiederholen verhindert uns ein Misstrauen an der gegenwärtigen Ausführbarkeit dieser Ansichten. Denn obgleich nach Liebig nur eine fortgesetzte Metamorphose der Kohlensäure zu Stoffen von höherer organischer Dignität vorliegen würde, theils durch Hinzufügung der Atome des zersetzten Wassers, theils durch Stellvertretung einzelner Atome von H und O für einander, so reichen doch weder unsere Erfahrungen hin, um die Wirklichkeit, noch unsere chemischen Grundbegriffe, um die Möglichkeit solcher Vorgänge ausser Zweifel zu stellen. Wenn z. B. der Chemiker behauptet (S. 92), dass wir Verbindungen von verschiedenen Eigenschaften erhalten, je nachdem der Sauerstoff in dem Radical, oder der Sauerstoff ausserhalb des Radicals durch Wasserstoff ersetzt und vertreten sei, wenn demgemäss (CH)O und (CO)H als verschiedene Zusammensetzungen betrachtet werden, so liegen dieser Vorstellung gewiss thatsächliche Analogien zu Grunde: die Vorstellung selbst bleibt jedoch so lange ganz nichtssagend, bis uns nachgewiesen ist, welche Kraft oder welches reelle Verhalten in der Natur den Körpern selbst den nämlichen Dienst der Absperrung der Elemente von einander leistet, welchen für die Formel die gedruckte Einklammerung thut. Von jenen geistreichen Spielen mit hypothetischen Radicalen, jenen willkührlichen Substitutionen der Elemente für einander, den nicht minder grundlosen Zusammenordnungen der Bestandtheile bald in diese bald in jene Häufchen, von allen diesen Experimenten der Phantasie, denen unser Zeitalter ein beneidenswerthes Zutrauen entgegenbringt, können wir hier nicht weitläuftiger reden. Wir behalten für uns nur das Allgemeinste, was wir oben andeuteten, und glauben, dass, wie Lehmann (physiol. Chemie. I, 1850. S. 28) diesen Satz ausdrückt, die physiologische

Dignität eines Stoffes seiner chemischen Dignität entspricht. Eine nähere Verfolgung dieser Verhältnisse wird ohne Zweifel reicher Aufschlüsse viele bieten, aber sie ist jetzt namentlich in Bezug auf die Bestandtheile des Thierkörpers noch nicht mit einiger Sicherheit zu unternehmen.

189. Eine ganz eigenthümliche Art chemischer Wirkungen haben wir früher an jenen Massen kennen gelernt, die aus der Substanz des Körpers selbst herrührend, sehr zur Zersetzung geneigt und allem Anschein nach bereits in ihr begriffen, bei der Verdauung und Assimilation zur Bearbeitung des Materials mit verwandt werden, und die wir im Allgemeinen mit dem Namen der Fermentkörper bezeichneten. Ihre Wirksamkeit kann nicht auf den Begriff der gewöhnlichen Wahlverwandtschaft zurückgeführt werden, denn ausserordentlich geringe Mengen reichen hin, um grosse Quantitäten anderer Stoffe in einen chemischen Umwandlungsprocess hineinzuziehen; sie besitzen daher offenbar keine Sättigungscapacität der Art, dass sie als Aequivalente mit Aequivalenten anderer Elemente sich zu einer Zusammensetzung verbänden, in der die chemische Thätigkeit erlösche. Aber man kann ihre Wirkung auch nicht mit den sogenannten Contactwirkungen vergleichen, bei welchen ein während des Processes unverändert bleibender Körper zwei andern Elementen auf irgend eine Weise die nöthigen Nebenbedingungen zu einer Verbindung gewährt, die ohne seine Beihilfe unterbleiben müsste. Die Fermentkörper gehen vielmehr selbst während ihrer Wirksamkeit eine Veränderung ein, und haben insofern allerdings eine Grenze ihrer Thätigkeit, als diese in einer gewissen Zeit, nach der Vollendung ihres eignen Umwandlungsprocesses erlischt. Diese Beobachtungen haben dahin geführt, die Erklärung ihres Einflusses in einer chemischen Bewegung zu suchen, welche sie, selbst in Zersetzung begriffen, auf andere zersetzbare Körper übertragen, und wodurch sie die letztern, nach der näheren Lage unbekannter Umstände bald in einen gleichen, bald in einen andern Umwandlungsprocess versetzen. Diese Fähigkeit, Zersetzung zu erregen, kommt sehr allgemein bei Körpern von verwickelter vielfacher Zusammensetzung vor; sie kann durch andere faulnisswidrige Stoffe aufgehoben werden, welche mit überwiegender Kraft die der Zersetzung zuneigenden

Bestandtheile in eine Verbindung von festem Gleichgewicht binden. Die Bezeichnung dieser Erscheinungen als einer Mittheilung der Bewegung kann uns weder für eine hinlängliche Erklärung gelten, noch verdient sie die Bestreitungen, die man ihr gewidmet hat. Unnöthig wirft z. B. Schleiden ein, dass die Grösse einer mitgetheilten Bewegung durch das Product aus der Masse des mittheilenden Körpers in seine Geschwindigkeit gemessen werde; welche ungeheure Geschwindigkeit müsse nun ein Theil Diastase besitzen, um 1000 Theile Stärke in Zucker zu verwandeln? Um diese Frage thun zu können, muss man voraussetzen, dass die Stärke bei ihrer Umsetzung sich mit grosser Geschwindigkeit bewegt, was Niemand weiss. Wäre übrigens die erforderliche Geschwindigkeit der Diastase noch so unermesslich, was würde darin für ein Gegenbeweis liegen? Allein ganz abgesehn von diesen Mikrologien versteht es sich vielmehr von selbst, dass unter Mittheilung der Bewegung hier nicht die blosse Uebertragung einer Geschwindigkeit an eine durchaus träge einfache Masse zu verstehen ist, sondern die Mittheilung eines ersten Impulses, welcher das Gleichgewicht der Kräfte in dem umzuwandelnden Körper in einer gewissen Richtung stört, und dadurch Veranlassung zu einem System von Bewegungen wird, deren Grösse nicht von ihm, sondern von den Geschwindigkeiten abhängt, mit der die gestörten Theile sich vermöge ihrer eignen Natur und Lage aus ihrem Gleichgewichte entfernen. Sind wir daher billig, so finden wir in jenem Ausdrucke eine passende Bezeichnung für ein vorliegendes Räthsel. Eine Erklärung freilich wird er erst enthalten, wenn Richtung und Grösse jenes Impulses, Form und Störungsweise des früheren Gleichgewichts so wie die daraus entspringenden Veränderungen uns namhaft und anschaulich gemacht werden können.

ZWEITES KAPITEL.

Mechanismus des Stoffwechsels.

§. 19.

Die Molecularwirkungen.

190. Die chemischen Processe des Lebens setzen voraus, dass nach einem vorbestimmten Plane mannigfache Gelegenheiten für das Zusammenkommen der Stoffe organisirt sind, die auf einander wirken sollen, mancherlei Schranken für die, deren Wechselwirkung ausgeschlossen sein soll. Nur in sehr geringem Grade sind nun die chemischen Verwandtschaften der Elemente zugleich die Kräfte, durch welche eine für ihre Vereinigung nothwendige räumliche Annäherung bewirkt wird; sie und die sich ihnen anschliessenden Molecularwirkungen erlöschen zu früh für diesen Zweck in unmerklich geringen Entfernungen. Sobald es daher darauf ankommt, grössere Mengen von Stoffen, Nahrungssäfte oder Absonderungsflüssigkeiten, im Interesse des lebendigen Chemismus durch grössere Strecken fortzubewegen, da sehen wir überall zusammengesetztere Wirkungen auftreten, indem theils Kräfte der äussern Natur unmittelbar in den Organismus eingreifen, theils eigenthümliche diesem selbst gehörige zusammengesetzte Apparate, den Maschinen ähnlich, die Erzeugung der Bewegung übernehmen. Wie jedoch alle Maschinenwirkungen zuletzt auf den Molecularkräften der einzelnen Bestandtheile beruhen, aus denen sie zusammengesetzt sind, so bestehen auch die eigentlich wirksamen Kräfte jener organischen Apparate doch wieder in den chemischen Verwandtschaften und molecularen Anziehungen ihrer kleinsten Theilchen. Sie sind überhaupt nichts anders, als Systeme planmässig zusammengeordneter Molecule, aus deren vereinigter Gesammtwirkung mechanische Bewegungen hervorgehn, indem die Lagenveränderungen, welche sie durch die Gegenwirkungen ihrer eignen Kräfte unter sich erfahren, sich in der Gestalt des Druckes und des Stosses auf grosse Mengen beweglicher Stoffe fortpflanzen. Obgleich daher im lebenden Körper wie in den unorganischen Maschinen mechanische Be-

wegungen den chemischen Processen ihre Gelegenheiten verschaffen, so sind doch die chemischen und molecularen Processe die wahren Wurzeln der mechanischen selbst.

191. Alle lebensfähigen Theile enthalten ausser dem Wasser, das ihrer chemischen Zusammensetzung etwa zukommt, noch grössere Mengen desselben, von denen sie durch mässige mechanische Gewalt nicht völlig befreit werden können, da das Wasser nicht allein durch eine einfache Moleculāradhäsion wie bei porösen Körpern an ihnen haftet, sondern grossentheils innerhalb der kleinsten Formelemente, der Zellenräume, sich befindet. Durch Austrocknen verlieren die organischen Theile sowohl diesen als jenen Wassergehalt und erleiden dadurch eine beträchtliche Gewichtsabnahme. Je mehr allmählich die Theile von ihrer Lebensfähigkeit einbüssen, oder je weniger sie überhaupt an der beständigen Bewegung der Bildung theilnehmen, um so geringer wird im Ganzen ihr Wassergehalt und sie erscheinen für unser Gefühl nicht mehr feucht, obgleich nur sehr wenige organische Substanzen, wie die freilich ganz abgestorbene Rinde vieler Bäume, in oder an dem Organismus selbst völlig abtrocknen.

192. Durch diesen Feuchtigkeitszustand ist nun allen im Wasser löslichen Substanzen die Möglichkeit des Eindringens und der Verbreitung durch die organische Materie gegeben. Denn die Anziehungskraft, welche das Wasser auf jene Substanzen ausübt, würde erst dann befriedigt sein, wenn die an dem Orte, wo sie in den Körper eindrangen, entstandene concentrirte Lösung derselben sich durch die gesammte feuchte Masse des Körpers bis zu gleichmässiger Verdünnung verbreitet hätte. Man sieht sogleich, dass diese Leichtigkeit des Eindringens, falls ihr nicht besondere Schranken gesetzt wären, mehr sein würde, als der Körper ertragen kann. Auch fehlen diese Schranken nicht. Die Zeit, welche eine Substanz, an einem einzigen Punkte zu dem feuchten Substrat hinzutretend, schon brauchen würde, um sich durch die Flüssigkeit allein zu verbreiten, wird ansehnlich vermehrt durch die unermessliche Anzahl zelliger Scheidewände, die sie zu durchdringen hat, und die, wenn keinen andern, so doch meist einen verzögernden Widerstand ihrem Durchtritt entgegenstellen. Aber die fremden aufgelösten Substanzen können

sich überdies in den Körper nicht wie in eine ruhende Schicht eindrängen, sie treffen vielmehr auf ein Gewühl von Bewegungen, durch die sie häufig aus dem Körper schon wieder entfernt werden, ehe sie noch im Stande gewesen sind, ihn weithin zu durchdringen. So ist die Schnelligkeit und die Allseitigkeit ihrer Verbreitung vielfach gehemmt: aber auch ihrem Eintritt stehen Hindernisse entgegen. Die äussere Oberfläche aller höhern Luftthiere ist durch eine abtrocknende Oberhautschicht geschlossen, die selbst lebensunfähig, das Leben der tiefer liegenden Theile schützt; zugleich tritt in den Haaren und der Haut selbst eine ölige Befeuchtung auf, die jene Leichtigkeit des Eintritts wasserloslicher Substanzen vermindert. Auch von den im Wasser lebenden Thieren sehen wir die höhern Klassen durch mancherlei Hautpanzer gegen die unmittelbare Einwirkung des Elements abgeschlossen und dadurch z. B. die Zusammensetzung ihres Bluts gesichert; bei den niederen Klassen tritt scheinbar wenigstens diese Ausbildung des abschliessenden Ueberzugs zurück; allein wir kennen die Oekonomie ihres Lebens zu wenig, um zu beurtheilen, ob ihre Organisation die Folgen dieses Mangels tragen muss oder sie auf andere Weise ausgleicht.

193. Durch die allgemeine Durchfeuchtung der organischen Körper ist der Möglichkeit einiger physischen Processe, die man häufig zwischen trockenen festen Körpern und Flüssigkeiten wahrnimmt, auf eine allgemeine Weise zuvorgekommen. So ist die feuchte Körpersubstanz nicht fähig, Wasserdampfe in sich zu verdichten. Die Aufnahme des Wassers durch die Wurzelfasern der Pflanzen ist sehr durch die poröse Beschaffenheit des Bodens bedingt, der für sie das Geschäft der Verdichtung und zugleich das der feinen Vertheilung übernimmt. Der Uebergang des Wassers in die Zellen selbst kann nur einer Anziehung, die es von ihrem Inhalt erleidet, zugeschrieben werden. Ebenso findet der Process der Imbibition, so wie er zwischen trocknen Aggregaten feiner Molecule und den in sie aufsteigenden Flüssigkeiten vor sich geht, keine Anwendung im organischen Korper. In ihm gibt es nicht, wie im Kohlenpulver, leere Zwischenräume mit trocknen Wandungen, deren Molecularanziehung gegen Flüssiges durch das Eindringen eines solchen erst noch gesattigt werden müsste. Was hier Imbibition heisst, ist vielmehr Anzieh-

ung der allgemein verbreiteten Körperfeuchtigkeit gegen die specifischen, löslichen Bestandtheile einer andern mit ihr in Berührung kommenden Flüssigkeit. Da es meistens an unterstützenden Kräften fehlt, welche durch Bewegung diese Mischung und Verbreitung der Stoffe begünstigten, so erscheint das Imbibirte gewöhnlich nur in den seinem ursprünglichen Sitze benachbarten Flüssigkeitstheilen, und selbst dies ist während des Lebens wahrscheinlich stets ein krankhafter Vorgang. Auch die Capillaranziehung ist in der Gestalt, in welcher sie den gewöhnlichen Gegenstand physikalischer Versuche bildet, im organischen Körper keine Ursache von Bewegung. Anstatt der Wechselwirkung, welche dort zwischen einer starren, trocknen Röhrenwand und einer sie benetzenden oder nicht benetzenden Flüssigkeit stattfindet, sehen wir im lebendigen Körper verwickeltere Verhältnisse; Röhren, die meist beweglich und nachgiebig, selbst überall durchfeuchtet, und zugleich mit Flüssigkeit beständig in höherem Grade angefüllt sind, als die einfache Haarröhrchenanziehung dies zu bewirken vermöchte. Dass dagegen dieselben Molecularanziehungen, die in der Capillarität thätig sind, so weit sie dem Stoffe der organischen Körper zukommen, auch zu den Lebenserscheinungen beitragen, versteht sich von selbst, da vorhandenen Kräften ihre Wirkung nicht abgeschnitten werden kann; allein sie wirken hier unter so veränderten Bedingungen, dass die Vergleichung ihrer Erfolge mit denen der Capillaranziehungen zu keiner Aufklärung führen kann.

194. Eine eigenthümliche Reihe von Erscheinungen entspringt aus der allgemeinen Fähigkeit der Flüssigkeiten, Gase zu absorbiren. Man kennt nicht hinlänglich die Bedingungen, unter denen dieser Process vor sich geht, der wie viele andere hier zu berührende, auf der Grenze zwischen molecularen und chemischen Wirkungen steht. Bekannt ist indessen, dass jedes Volumen einer Flüssigkeit von jeder bestimmten Gasart stets ein bestimmtes Volumen, bei niedriger Temperatur und höherem Luftdruck daher mehr an Gewicht aufnimmt, während höhere Temperatur und Verminderung des Druckes bekanntlich die gebräuchlichsten technischen Mittel sind, Flüssigkeiten von absorbirten Gasen zu befreien. Die Aufnahme der Gase wird nicht dadurch gehindert, dass die absorbirende Flüssigkeit durch eine

feuchte Membran gegen sie abgeschlossen ist; sie können deshalb stets zu den vegetabilischen und thierischen Säften gelangen, die in dem Innern von Zellenräumen sich befinden und die Natur befördert ihren Eintritt, wo er stattfinden soll, durch Zartwandigkeit der Zellenhüllen. Die Menge eines von den Säften absorbirten Gases kann leicht in einzelnen Augenblicken die Sättigungscapacität derselben übersteigen. Schon Erhöhungen der Temperatur und Verminderung des Luftdrucks können diesen Erfolg haben; in Pflanzen und Thieren füllen sich ferner die Säfte nicht nur durch von aussen eintretende Gase, sondern auch durch solche, die im Processe der Bildung in der Substanz der innern Theile erzeugt werden. Sobald eine solche Ueberfüllung eingetreten ist, gewinnt die Ausdehnbarkeit der Gase ein Uebergewicht über die Anziehung, mit der die Flüssigkeit sie festhält, und das Gleichgewicht stellt sich an allen Orten von geringerem Widerstande durch Austritt eines Antheils der Gase her, welchem die feuchten Membranen so wenig als einem Eintritt derselben bei zu geringer Sättigung widerstehen. Auf diese Weise erfolgt ein Process der Aufnahme und Ausgabe von Stoffen, für welchen die specifischen Eigenschaften der ein- und austretenden Substanzen so wie die der Membranen in Verbindung mit einigen äussern Bedingungen die Ursachen der Bewegung sind. Der organische Körper selbst bietet dagegen fast nur den Schauplatz dar, auf dem diese Vorgänge sich ereignen, und ohne durch Ausübung einer eigenthümlichen Function der Bewegung den ersten Anstoss zu geben, begnügt er sich meist, grössere Ortsveränderungen ihrer entstandenen Producte, wie z. B. durch die Ventilation des Athmens, zu bewirken.

195. Die Flüssigkeiten vermögen mehrere Gasarten neben einander zu absorbiren, und es scheint, als würde jedes Gas hierbei nach Verhältniss seines Druckes und seiner allgemeinen Absorbirbarkeit für die bestimmte Flüssigkeit aufgenommen. Vieles ist uns in diesen Verhältnissen noch unbekannt, und wir wissen nicht, welche Rückwirkungen die gleichzeitige Gegenwart mehrerer Gasarten auf die Sättigungscapacität der Flüssigkeit für jede einzelne derselben ausübt; noch hindernder ist uns aber unsere Unkenntniss der Umstände, unter denen eine absorbirte Gasart durch eine andere verdrängt werden kann. Es ist frag-

lich, ob überhaupt auch bei vollständig genügendem Zutritt eines zweiten Gases das früher absorbirte vollkommen ausscheidbar ist, wie man es von einer chemischen Verbindung erwarten könnte, und ob nicht vielmehr in allen Fällen die Flüssigkeit von jedem dargebotenen Gase eine bestimmte Menge zurückzuhalten strebt, so dass sie ihrer Anziehung gegen alle gleichzeitig, aber gegen keine so vollständig, wie wenn sie dieselben einzeln aufnimmt, ein Genüge thäte. Auch die Bedingungen für die Austreibung des einen Gases durch das andere sind nicht klar; unbegreiflich erscheinen jene Versuche, nach denen man aus demselben Blute die Kohlensäure durch Sauerstoff, den Sauerstoff durch Kohlensäure soll austreiben können, und zwar ohne bemerkbare in den Umständen des Experiments eingetretene Veränderungen. Unmöglich wäre ein Naturgesetz, nach welchem das Neue stets das Alte verdrängte, wenn nicht in der Neuheit des Ankommens selbst, wie im status nascendi chemischer Körper, ein mechanischer Vortheil irgendwie verborgen wäre. Dies Alles ist dunkel genug, und die Anwendung dieser noch wenig gekannten Vorgänge auf die organischen Erscheinungen muss deswegen sehr zurückhaltend sein.

196. Wir haben erwähnt, dass für das Ein- und Austreten der Gase die Gegenwart einer feuchten Membran kein Hinderniss bildet; sie bildet eben so wenig im Allgemeinen ein solches für Flüssigkeiten. Um die hier vorkommenden Verhältnisse zu beurtheilen, berühren wir zuerst zwei Grundvorstellungen über die Natur der kleinsten Theile der Gewebe. Wer die feinen Membranen, welche z. B. die Zellenräume einschliessen, für stetige undurchbrochene Flächen ansieht, wird immer noch in der Weise der dynamischen Ansichten annehmen können, dass durch diese Membranen ein flüssiger Stoff sich seinen Weg bahne, indem er sich chemisch mit ihrer Substanz verbinde, auf der andern Seite der Membran aber aus dieser Durchdringung wieder auszuscheiden durch irgend eine andere Kraft, z. B. eine neu einwirkende andere Verwandtschaft, genöthigt werde. Diese Vorstellungsweise, welche den Gedanken einer undurchbrochenen Membran festhält, kann die Durchgängigkeit derselben aber auch nur aus diesem Grundprocess einer chemischen Anziehung erklären, denn nur eine solche führt zu einer wirklichen Durch-

dringung zweier Körper in demselben Raume, nicht zur blossen Gegenwart des einen in den Zwischenräumen des andern. Eben deswegen aber führt diese Ansicht gleich von Haus aus auf eine specifische Durchgängigkeit der Membranen für einzelne Stoffe, für andere aber nicht, keineswegs auf eine allgemeine indifferente Permeabilität für alles das, was durch irgend welche Kräfte nach ihnen hinbewegt wird.

197. Indessen, es ist unwahrscheinlich, dass Jemand die Vorstellung stetiger Raumerfüllung in Bezug auf diese zwar kleinen, aber doch immer noch zu ausgedehnten Membranen sollte festhalten wollen. Sie mögen also eine sehr gemeine Eigenschaft der Körper theilen und porös sein. Nun ist aber sogleich klar, dass die Porosität organischer Substanzen durchaus nicht darin besteht, dass sie Flüssigkeiten im Allgemeinen einen ungehinderten oder auch nur leichten Durchgang gestatten: wir sehen sie vielmehr ihrem flüssigen Inhalte selbst gegen grosse Druckkräfte, die ihn auszutreiben streben, den Austritt verwehren. Die Poren sind daher stets so klein zu denken, dass die durchtretende Flüssigkeit sich vollkommen in dem Bereiche befindet, der von den Molecularwirkungen ihrer Wandungen beherrscht wird. Bei grosser Weite der Poren würde der mittlere Theil eines durchgehenden Flüssigkeitsstroms von den Wandungen zu weit entfernt sein, um diesen Einfluss zu erfahren, und es würde eine unterschiedlose Durchgängigkeit für alles Flüssige stattfinden; hier aber in solcher Nähe müssen nothwendig die specifischen Wechselwirkungen zwischen der Flüssigkeit und den Moleculen der Membran hervortreten. Solche Wirkungen nun hängen nicht nur von der Dichtigkeit, dem Grade der Leichtflüssigkeit und ähnlichen mechanischen Eigenschaften ab, durch welche das Durchtretende die Anziehung der Membranen modificirt. Zwischen den chemischen Verwandtschaften der Körper, welche zu völliger Durchdringung und zur Bildung neuer Stoffe führen und zwischen den mechanischen Beziehungen, in welchen sie zu einander nur als gewisse Mengen ponderabler Stoffe stehen, gibt es vielmehr noch ein ausgedehntes Zwischenreich von Gegenwirkungen. Chemische Verwandtschaften nämlich, die zwischen den Körpern obwalten, können doch oft zu schwach sein, um wirklich ihre Zusammensetzung zu ändern und sie mit Aufgebung

ihrer bisherigen Eigenschaften zur Verschmelzung in ein neues Product zu nöthigen. Sie äussern sich daher nur in mechanischen Anziehungen, in denen aber die specifische Natur ihrer Ursache nachwirkt, so dass die Grösse der entstehenden Adhäsion nicht von der Masse allein, sondern zugleich von einem specifischen Coefficienten der Verwandtschaft der Stoffe sehr bedeutend abhängt. So üben schon die gewöhnlichen Filtra in ihren Poren eine Anziehung auf die durchtretende Flüssigkeit aus und verursachen eine grössere Langsamkeit des Durchgangs, als die blosse Engigkeit der Ausflussöffnung rein mechanisch bedingen würde. Verschiedene Flüssigkeiten gehen durch sie mit Differenzen der Geschwindigkeit, die nicht allein von dem Grade der Zähigkeit oder Beweglichkeit, sondern auch von dem Unterschiede der specifischen Adhäsion zu dem Stoffe des Filtrum abhängen. Schliesst man wässrigen Weingeist in eine thierische Blase ein, so wird er allmählig im Innern derselben concentrirt, indem durch die Blase mehr Wasser als Weingeist entweicht; schliesst man denselben wässrigen Weingeist in eine Kautschukblase, so wird er im Innern derselben allmählich verdünnt, indem sie mehr Weingeist als Wasser austreten lässt. Zwischen thierischen Membranen und Weingeist können wir, wenn wir die Stoffe berücksichtigen, aus denen die erstern zusammengesetzt sind, keine Verwandtschaft voraussetzen; dagegen besitzen sie im ausgetrockneten Zustande eine solche gegen das Wasser, in welchem ihre Substanz erweicht und aufschwillt; wir können daher annehmen, dass auf den wässerigen Weingeist die Membran in dieser halbchemischen Weise zersetzend wirkt, so dass sie den grössten Theil des Alkohol zurückweist und nur eine verdünnte Lösung desselben in sich aufnimmt. Zwischen Kautschuk und Wasser findet bekanntlich keinerlei Verwandtschaft statt; allerdings greift auch der Alkohol das Kautschuk nicht an, doch benetzt er es wenigstens; setzen wir daher dennoch eine grössere Verwandtschaft zwischen diesen beiden Stoffen voraus, so geschieht es freilich fast nur auf Grund des angeführten Vorgangs.

198. Befindet sich die Aussenseite einer geschlossenen Membran in Berührung mit Flüssigkeit, während in ihrer Höhle ein fester oder schwerflüssiger Körper liegt, so kann das Eindringen

der Flüssigkeit in das Innere der Membran nur durch eine moleculare oder capillare Anziehung der letztern selbst eingeleitet werden. Ueber die Sättigung der Membran hinaus wird aber der Process schon durch geringe Verwandtschaft der festen jetzt unmittelbar von der Flüssigkeit berührten Substanz gegen diese selbst verlängert: er hört auf, sobald das Feste vom Flüssigen gesättigt und gleichzeitig den übrigen etwa stattfindenden Bedingungen, z. B. des hydrostatischen Gleichgewichts Genüge gethan ist. Besitzt die eingeschlossene feste Substanz eine sehr kraftvolle Anziehung gegen das Flüssige, so kann sie durch Aufschwellen die umhüllende Membran sprengen, und so Veranlassung zu weitergehender Vermischung und Gegenwirkung verschiedener Stoffe herbeiführen. Ist sie entweder unmittelbar oder in Folge einer rasch eintretenden chemischen Veränderung in der Flüssigkeit löslich, so wird die entstandene concentrirtere Lösung im Innern der Membran sich auch durch die umgebende Flüssigkeit ausserhalb bis zu gleichmässiger Verdünnung zu verbreiten streben. Wird gleichzeitig die umspülende Flüssigkeit beständig erneuert, so entzieht sie der inneren Lösung beständig Antheile der festen Substanz und es entsteht ein Process der Auslaugung, durch den der feste Körper im Innern der Membran allmählich völlig gelöst und entfernt wird. Wenn dagegen ein durch Membranen eingeschlossener Stoff beträchtliche Verwandtschaft zu einem in der umspülenden Flüssigkeit gelösten Körper besitzt, so zieht er diesen aus der eingedrungenen Lösung an sich, die nun seiner beraubt, aus der umgebenden Flüssigkeit wieder bis zu gleicher Concentration mit dieser sich mit ihm zu versehen strebt und ihn dadurch aufs Neue dem festen Inhalt der Membran zuführt, welcher bis zur vollständigen Sättigung ihn anzuziehen fortfährt. Ist diese entstandene Verbindung in der umgebenden Flüssigkeit unlöslich, so bilden sich auf diese Weise, dem obigen Verhalten gerade entgegengesetzt, Processe der Niederschlagung oder Incrustation. Beide Verhältnisse sind dem organischen Geschehen nicht fremd. So enthält der Same der Pflanzen in seinen einzelnen Zellen grosse Mengen von Schleim, Amylum, Eiweiss, die das umgebende Wasser durch die Zellenwandungen hindurch mit grosser Heftigkeit anziehen, sich in ihm entweder lösen oder anquellen, und durch Berstung der Membranen oder durch Aus-

laugung ihren Inhalt für den Vertrieb in andere Zellen abgeben. Ebenso sehen wir, wie in Pflanzen und Thieren der früher flüssige Inhalt von Zellen durch Niederschlag theils organischer, theils unorganischer Stoffe allmählig fester wird.

199. Von dem ausgedehntesten Vorkommen im lebenden Körper ist der Fall, dass eine Membran auf beiden Seiten von Flüssigkeiten umspült wird. Lassen wir, um die einzelnen Ursachen der hier stattfindenden Wirkungen zu übersehen, einstweilen die chemische Verwandtschaft beider Flüssigkeiten beiseit, so würde, falls beide gleich wären, nur ein verschiedener hydrostatischer Druck derselben die Ursache von Bewegungen werden können. Wir haben jedoch früher schon erwähnt, dass die zusammengesetzten Membranen, z. B. die der thierischen Blase, deren man sich gewöhnlich zu Versuchen bedient, sehr bedeutenden Druckkräften Widerstand leisten; eine Wassersäule von mehreren Fussen Höhe vermag in mehreren Stunden kaum eine erhebliche Quantität Wasser durch sie hindurch zu drängen. Nun mögen allerdings die zarten einfachen Membranen, welche die eigentlich lebendig wirksamen Bestandtheile dieser zusammengesetzten Häute bilden, sich wohl anders verhalten, allein im Allgemeinen scheint doch die Verschiedenheit des Druckes, unter dem sich zwei Flüssigkeiten zu beiden Seiten einer Membran befinden, nicht die wirksamste Ursache ihres Austausches zu sein. Denn nicht nur mischen sich differente Flüssigkeiten trotz gleicher Druckhöhe leicht durch dieselben Membranen hindurch, sondern selbst Körper, die, wie klebrige Flüssigkeiten, Eiweiss oder Gummilösungen, sich ohne Beihilfe der Bewegung nur schwer mit Wasser mischen, thun dies durch eine feuchte membranöse Scheidewand hindurch viel leichter. Selbst gegen die Richtung der Schwere steigen die auf der untern Seite einer horizontalen Membran gelegenen Flüssigkeiten ebenso nach oben, als die oberen zum Austausche herab. Der ganze Tauschprocess schliesst überhaupt nicht nothwendig, sondern nur zufällig mit der Herstellung des hydrostatischen Gleichgewichts. Wir müssen daher die Function der Membran bei diesem gegenseitigen Austausch häufig als eine positiv begünstigende ansehen, welche, wenn sie die qualitative Ausgleichung zweier Flüssigkeiten zu Ende gebracht hat, den da-

durch herbeigeführten Stand derselben selbst gegen den Einspruch hydrostatischer Drucke festhält.

200. Sind die beiden Flüssigkeiten chemisch gleiche Lösungen von verschiedener Concentration, so kann eine bewegende Ursache hier nur in der Anziehung des Lösungsmittels gegen das Gelöste liegen, welche stets auf eine gleichmässige Verbreitung des letztern durch die ganze Menge des erstern hinwirkt. Um aber zu beurtheilen, was hier vorgeht, fehlen uns vor allen Dingen recht anschauliche Vorstellungen über die Art der Ausgleichung, die zwischen beiden Lösungen ohne Scheidewand stattfinden würde. Wäre ihnen keine Bewegung von aussen mitgetheilt, so kann man sich denken, dass nur etwa eine zufällige, den specifischen Gewichten widersprechende örtliche Lagerung derselben eine Bewegung der Flüssigkeiten als solcher, ein Herabsinken der schwereren, ein Aufsteigen der leichteren, und damit freilich eine so mannigfache Durchkreuzung der Theilchen herbeiführen würde, dass die Aufgabe inniger Mischung dadurch fast schon gelöst wäre. Gestattete jedoch die relative Lage beiden in Ruhe zu bleiben, so scheint es, als würde die Mischung dadurch bewirkt, dass die Grenzschicht der dünneren Lösung der Grenzschicht der concentrirteren einen Theil des Aufgelösten entzieht, ihn ferner wieder zum Theil an die nächstliegende Schicht der dünnen Lösung abtritt, dafür aber aus der concentrirten einen neuen Antheil aufnimmt. So würde die Mischung durch eine Vertheilung des aufgelösten Stoffes in der ruhenden Flüssigkeit erfolgen. Befindet sich nun zwischen den Grenzschichten der dünneren und der dichteren Lösung eine Membran, so können, da diese dem Drucke vielleicht bedeutenden Widerstand leistet, beide Flüssigkeiten durch sie hindurch nicht wie durch offene Wege communiciren, sondern nur dadurch, dass die Membran selbst eine Anziehung auf beide ausübt, die ohne Zweifel bei verschiedener Concentration derselben stärker gegen die eine sein wird, als gegen die andere. Bei der grossen Verwandtschaft aller organischen Substanzen zum Wasser ist zu vermuthen, dass allgemein die verdünntere Lösung mehr von der Membran angezogen wird, als die concentrirte.

201. Nehmen wir nun zuerst, um die Vorstellungen zu vereinfachen, an, die concentrirte Flüssigkeit sei eine Salzlösung,

die dünnere geradezu Wasser, die Membran aber für die erste ganz undurchdringlich. Es leuchtet ein, dass hier nur das durchdringende Wasser von der Salzlösung aufgenommen wird, von dieser dagegen nichts zu jenem übergeht. Ist nun die Membran für die Salzlösung gleichfalls, obwohl minder durchgängig als für Wasser, so haben wir sie uns auf grössere Tiefe von dem letztern, auf geringere von der ersten infiltrirt zu denken. Die Grenzschicht des Wassers in der Membran wird Salz aus der Lösung aufnehmen, und diese verdünntere Salzflüssigkeit wird sofort ihr Salz an die hinterliegenden Wasserschichten abgeben können. Zugleich aber bewegt sich das Wasser, angezogen von der concentrirteren Lösung durch die Membran vorwärts, verdünnt die nächsten Schichten derselben, und wird von ihnen an die entfernteren abgetreten, oder anders ausgedrückt, die durch das Wasser verdünnte Schicht der Salzlösung wird durch Mittheilung des Salzes aus den noch unverdünnten anliegenden Schichten wieder gesättigter und kann von neuem Anziehung gegen das nachrückende Wasser ausüben. In diesen Umständen würde also ein einfacher Strom des Wassers gegen die Salzlösung oder überhaupt der dünneren Flüssigkeit zur dichteren, begründet sein, aber die letztere, ohne als Lösung zu dem Wasser überzuströmen, würde ihm nur ihre aufgelösten Bestandtheile zum Theil abtreten. Sobald beide Flüssigkeiten gleichen Concentrationsgrad erlangt haben, würde dieser Process sein Ende erreichen; waren beide im Anfang desselben im Gleichgewicht des Druckes, so wird dieses jetzt aufgehoben sein. Es wird allerdings und zwar schon während jenes Ausgleichungsprocesses sich wiederherzustellen suchen, aber auf den Grad der Durchgängigkeit der Membran für die jetzt vorhandene Flüssigkeit wird es ankommen, wie schnell dies geschehen kann. Auf diese Weise nun erklärt es sich, wie im Allgemeinen geschlossene Kanäle oder Membranen, die in ihrer Höhlung eine dichtere, ausserhalb ihrer Wände eine dünnere aber möglichst qualitativ gleiche Flüssigkeit haben, durch das überwiegende Eintreten der letztern bis zu grosser Anspannung, ja bis zur Berstung ihrer elastischen Wandungen angefüllt werden können. Verhältnisse dieser Art mögen z. B. den leichten Uebergang der dünnen wässerigen Chymusflüssigkeit in das concentrirtere Blut begünstigen.

202. Wird die Membran von zwei chemisch differenten, aber mischbaren Flüssigkeiten, für welche sie permeabel ist, bespült, so entsteht eine wirkliche doppelte Strömung, indem beide Flüssigkeiten durch die Scheidewand sich in einander diffundiren. So ist es der Fall zwischen Weingeist und Wasser, Wasser und verdünnten Säuren. Beide Strömungen sind jedoch nicht von gleicher Stärke; waren die Flüssigkeiten, durch eine verticale Scheidewand getrennt, zuerst von gleichem Niveau, so ist nach der Beendigung des Processes die eine gestiegen, die andere gesunken. Diese Verschiedenheit muss der grösseren Leichtigkeit zugeschrieben werden, mit der die specifische Anziehung der Membran die eine Flüssigkeit durchtreten lässt, die andere aufhält. Die Entscheidung darüber, welche Strömung die stärkere sein werde, ist deshalb, als abhängig von dem specifischen Coefficienten der Anziehung zwischen Membran und Flüssigkeit nicht durch allgemeine Gesetze, welche dieses Verhältniss unberücksichtigt lassen, möglich; nur gewisse allgemeine Analogien lassen sich aufstellen, die man bei der Wirkung thierischer Membranen auf gewisse Klassen der Flüssigkeiten bemerkt hat. So würde nach Dütrochet der Strom von einer sauren Flüssigkeit zu einer neutralen stärker sein, als der umgekehrte, ein Verhältniss, welches ebenfalls die Aufnahme des angesäuerten Mageninhaltes in das Blut unterstützen würde, ohne dass eine beträchtliche Aussonderung aus diesem zum Austausche stattfinden müsste.

203. Sind endlich die beiden Flüssigkeiten nicht einfache Körper, sondern Auflosungen verschiedener Stoffe in demselben Lösungsmittel, so finden verwickeltere Verhältnisse statt, die wir noch nicht hinlänglich kennen. Bald durchdringt keiner der aufgelösten Stoffe die Membran, sondern nur das Wasser geht zum Theil von dem einen zum andern über; bald tritt die eine Lösung einen Theil ihres Aufgelösten an die andere ab, und erzeugt in dieser sichtbare Niederschläge oder Färbungen; aber sie empfängt selbst nichts von jener und zeigt daher dieselben Reactionen auf ihrer eignen Seite nicht. Ebenso tauschen endlich in andern Fällen die gelösten Substanzen sich beiderseitig theilweis aus, so dass am Ende beide Lösungen beide enthalten, ein Vorgang, der zwar eine doppelte Vertheilungsbewegung beider gelöster Substanzen voraussetzt, eine Strömung des Lösungsmit-

tels aber überhaupt gar nicht nothwendig, und eine blos einfache nur in den Fällen, wo die eine Lösung eine Volumvermehrung, die andere eine Verminderung erfährt. Unbekannt ist uns jedoch hauptsächlich der Mischungszustand, dem dieser Austausch als seinem Gleichgewichte zustrebt, denn wir kennen die Kräfte nicht, durch welche zwei Lösungen verschiedener Stoffe sich ineinander zu verbreiten streben auch ohne Scheidewand, so dass jedes Gelöste auch in das Menstruum des andern einzudringen sucht. Noch weniger können wir deshalb beurtheilen, nach welchen Massgesetzen dieser Austausch bei der Dazwischenkunft einer Membran erfolgen muss, die möglicherweis gegen beide Lösungen sich sehr verschieden verhält.

204. Sind zwei Flüssigkeiten chemisch different und nicht mischbar, wie Oel und Wasser, so wird die Membran, indem sie diejenige an sich zieht, zu welcher sie grössere Verwandtschaft besitzt, undurchgängig für die andere, und es findet, wo keine weiteren Bedingungen mitwirken, keine Bewegung statt. Die Membran kann auf diese Weise als ein Filtrum wirken, welches eine Flüssigkeit zurückhält, eine andere durchlässt, oder von aussen die eine aufnimmt, die andere abstösst. So ist eine ölgetränkte Membran undurchgängig für Wasser, eine wässerig befeuchtete für Oel. Das Fett wird indessen von wasserfeuchten thierischen Membranen nicht ganz zurückgewiesen, und wo es in Gestalt feiner Emulsion vorkommt, geht ein Theil desselben durch sie mit hindurch, aber weniger als Wasser, so dass durch die Membran die Emulsion von der grösseren Menge ihres Oelgehalts getrennt werden kann. Aber auch wo zwei chemisch differente Stoffe mischbar sind, kann die Membran als ein zersetzendes Mittel wirken, und indem sie nur dem einen den Ausgang gewährt, die Zusammensetzung des Zurückbleibenden in gewisser Weise reguliren. Diese Art ihrer Thätigkeit wird bei allen Secretionen zu berücksichtigen sein, sei es, dass diese nur durch eine einseitige Ausstossungskraft bewirkt werden, oder dass auf der Aussenfläche der secernirenden Membran eine andere bespülende Flüssigkeit noch besonders durch ihre Verwandtschaft gegen den auszuscheidenden Stoff seine Trennung von den übrigen Bestandtheilen des Membraneninhalts erleichtert.

205. Alle diese Vorkommnisse nun werden gegenwärtig

unter dem Namen der Enosmese und Exosmese (Endosmose und Exosmose) zusammengefasst. Die Fälle, die wir, ohne uns an die üblichen Theorien zu binden, bisher durchgingen, sind Möglichkeiten, die durch einzelne deutliche Beispiele bestätigt werden; neben ihnen kommen eine Menge bisher undeutbarer Thatsachen vor, die ihren Grund in den verwickelten, niemals ganz bekannten mitwirkenden Umständen der Experimente haben. Wir haben versucht, diese Fälle aus der Zusammenstellung ihrer ursprünglichen Bedingungen begreiflich zu machen, und vorgezogen, erst nachher jenen Namen zu erwähnen, mit dem jetzt so viele Erscheinungen des Lebens erklärt werden sollen. Die Lehre von der Enosmese hat eine grosse Unbequemlichkeit, durch die sie sich zur Erklärung der hierhergehörigen Fälle ebenso wenig, als zur weiteren Benutzung der dabei gewonnenen Resultate für die Physiologie eignet. Sie ist ausgegangen von der Betrachtung einiger bereits ziemlich complicirter Fälle, und die Erscheinungen, die man hierbei wahrgenommen hat, haben sofort eine Anschauungsweise erzeugt, die keine Allgemeingiltigkeit in allen verwandten Fällen besitzt. Daher hat es zuerst den Anschein gewonnen, als läge in diesen Phänomenen die Wirkung eigenthümlicher Naturkräfte, oder wenigstens eines allgemein vorhandenen Naturtriebes vor, der überall in gleicher Weise thätig wäre. Obgleich man nun allerdings bald bemerkt hat, dass diese Erscheinungen von einem allgemeineren Standpunkt aus als Resultate des Zusammenwirkens von mancherlei Bedingungen zu fassen sind, so hat doch die Gewöhnung an jene ursprünglichen Beispiele die Zurückführung auf die ersten Ursachen, die ohnehin so sehr schwierig ist, noch unnöthig erschwert. Dahin müssen wir beispielsweis die Voraussetzung rechnen, dass allenthalben ein Austausch, eine doppelte Strömung zwischen beiden wirkenden Flüssigkeiten stattfinden müsse, eine Forderung, die trotz der natürlichen Gegenseitigkeit der Anziehung zwischen beiden doch durchaus nicht nothwendig ist. Enosmese und Exosmese haben keineswegs nöthig, wie die beiden Pole eines Magneten sich stets zugleich vorzufinden.

206. Was aber anderseits die Anwendung der bisher experimental gewonnenen Ergebnisse auf die Physiologie betrifft, so ist diese gewiss in ihren Einzelheiten noch ungleich weniger be-

gründet. Im Allgemeinen können wir nur sagen, dass uns die Experimente gewisse Thatsachen gelehrt haben, die Analogien mit dem haben, was wir im Organismus voraussetzen. Auf solche Umstände und solche Kräfte, wie diejenigen sind, welche die enosmetischen Erscheinungen begründen mögen, sind gewiss auch die Aufsaugungs- und Durchschwitzungsprocesse der lebendigen Körper zurückzuführen. Aber diejenigen Beispiele, an denen wir die Enosmese bis jetzt kennen gelernt haben, scheinen mir gar nicht auf dem geraden Wege zwischen den ersten Principien und der von diesen im Lebendigen gemachten Anwendung, sondern vollkommen seitab zu liegen, so dass durch sie selbst so ziemlich Nichts wird erklärt werden können. Ihr Vortheil wird nur darin bestehen, dass sie uns auf Principien zurückweisen, von denen eine wahrscheinlich wesentlich andere Anwendung im lebendigen Körper anzutreffen sein wird. Es ist allerdings ein schätzbarer Gewinn, durch jene Versuche erfahren zu haben, dass Schleim, Gummi, Stärkmehl, Zucker, Eiweiss, die wichtigsten Substanzen im organischen Stoffwechsel durch eine Membran hindurch das Wasser mit grosser Kraft anziehen; wenn aber diese Membran eine thierische Blase war, zusammengesetzt aus einer Schleimhaut, einer Muskelschicht und anhängendem Zellgewebe, so lehrt uns dies sogleich, dass jenes Resultat nicht ohne weiteres zur Erklärung organischer Processe anwendbar ist. Die frühere Physiologie glaubte überall Oeffnungen der Gefässe und Kanäle nöthig zu haben, um Aus- und Eintritt der Stoffe möglich zu finden; die Lehre von der Enosmese eröffnet uns bei völlig verschlossnen Membranen die Aussicht auf eine Durchgängigkeit aller Theile für alle Flüssigkeiten, die den Zwecken des Lebens ebenso sehr widerstreiten würde, als den Thatsachen der Beobachtung am Lebendigen. Es ist ganz offenbar, dass das Meiste von dem, was in den enosmetischen Versuchen geschieht, sich im lebendigen Körper nicht ereignet und nicht ereignen kann, und dass die Erscheinungen, die bei einer porösen Zwischenwand aus Thon oder dünnen Marmorplättchen, Thierblase oder Darmwandung sich in den Versuchen zeigen, nicht den mindesten directen Schluss auf das gestatten, was während des Lebens sich wirklich ereignet. Finden wir z. B., dass es einen Unterschied macht, ob die eine oder die andere Flüssigkeit der innren

oder der äussern Wand einer Darmschlinge applicirt wird, so ist darin vor der Hand keine Aufklärung irgend einer Art zu suchen, denn weder die äussere noch die innere Darmoberfläche kann während des Lebens jemals als eine in ihrer ganzen Ausdehnung permeable, aufsaugende oder absondernde Membran fungiren. Was sollte ferner daraus werden, wenn Häute, wie die thierische Blase, sich im Leben ebenso durchgängig für alles Mögliche zeigten, wie in den Experimenten? Gewiss also, obwohl wir am wenigsten daran denken, den physischen Processen der Enosmese andere vitale entgegenzustellen, müssen wir doch darauf beharren, dass die ersten schwerlich die Quelle grosser Aufklärungen für die Physiologie sein werden, wenigstens so lange nicht, bis man die Umstände kennt, welche im Leben die übermässige Grösse der Permeabilität und die Leichtigkeit der Transsudation beschränken. Bis dahin sind die enosmetischen Versuche nur Schemata, nach deren Analogien wohl, aber nicht nach deren speciellen Formen die Lebensprocesse gedacht werden können.

§. 20.

Von der Saftbewegung in den Pflanzen.

207. Auf den bald chemischen bald mechanischen Anziehungen der einzelnen Flüssigkeiten gegeneinander und gegen die Membranen beruhen zum grossen Theil die Bewegungen, durch welche die organischen Säfte zur Wechselwirkung zusammengebracht werden. Im Verlaufe dieser Darstellung ist mehrfach auf die Umstände hingewiesen worden, welche dem Process des Austausches, der für sich bald zur Ruhe kommen würde, eine längere Dauer verschaffen. In dem lebendigen Körper ist eine ununterbrochene Folge solcher Stoffbewegungen oder mindestens eine periodische Wiederkehr derselben eine Bedingung der normalen Function. Jene begünstigenden Umstände nun zu erhalten oder herbeizuführen ist die wesentliche Aufgabe der weiteren, zusammengesetzteren Mechanismen, die wir in höheren Organisationen auftreten und dem Bildungsprocesse dienen sehen. Wo die Zwecke des letztern einfach genug sind und die aus der äussern Welt zu entlehnenden Lebensreize oder Ersatzmittel sich leicht genug darbieten, kann der Organismus eigene Vorkehrungen zu ihrer Annäherung und Erfassung grösstentheils entbehren. So

finden wir bei den Pflanzen, deren Nahrung stets tropfbar oder elastischflüssig ist, keine andern Mittel der Aufnahme und Saftverbreitung, als die molecularen Kräfte der Gewebelemente. Die Richtung ihres Zusammenwirkens, die durch den Gestaltungstrieb der Pflanze bestimmt wird, reicht im Verein mit den nie fehlenden Einwirkungen der äussern Bedingungen hin, um die Vertheilung der Nahrungssäfte nach den jedesmaligen Bedürfnissen des vegetabilischen Bildungsprocesses einzuleiten. Auch bei einzelnen der niedersten Thiere finden sich noch ziemlich einfache Verhältnisse; je mehr indess die Nahrung aufgesucht und zur Aufnahme vorbereitet sein will, je grösser Masse und Dicke des Körpers wird, je differenter seine Bestandtheile und der nöthige Ersatz, je mannigfacher die Functionen und die Art der Abnutzung, um desto mehr tritt eine gewisse Theilung der Arbeit ein. Die molecularen Kräfte bleiben zwar stets die letzten Ursachen aller Bewegung, aber ihre unmittelbare Thätigkeit als Einzelner reicht nicht hin zur Bestreitung dieser wechselnden Bedürfnisse. Immer mehr und enger zu gewissen Gesammtwirkungen verbunden, bilden sie in den höhern Thieren die von einander gesonderten, jedes in sich selbst reich ausgebildeten Organsysteme der Verdauung, der Circulation und Absonderung, und theilen sich solchergestalt in Aufgaben, welche in den Pflanzen noch sämmtlich von gleichartigen Theilen ausgeführt werden. Dieses einfachere Leben, das durch die Wirkung der molecularen Kräfte und die Gunst der äussern Umstände unterhalten wird, haben wir nun zunächst zu schildern.

208. Gase und Dämpfe der Atmosphäre und die wässerigen Flüssigkeiten des Bodens bilden die Nahrungsbestandtheile der Pflanze, die von ihr nicht durch eigenthümliche, selbst in Bewegungszustände gerathende Organe, sondern durch die Molecularwirkungen des ruhenden Inhalts ihrer Elementartheile aufgenommen werden. Die gasförmigen Stoffe, von dem Pflanzensafte in derselben Weise angezogen, welche überall ihre Absorption in Flüssigkeiten bedingt, vermögen diesem Zuge durch die zarten durchgängigen Wandungen junger Zellen leicht zu folgen und treten später wenn die alternden Oberflächen den Durchgang erschweren, wenigstens durch die Spaltöffnungen der Blatter in den Intercellularräumen mit zartgebliebenen Zellenwänden in

Berührung. Die Diffusion der Gasarten sorgt dafür, dass die Schicht des Luftkreises, welche die Pflanze umgibt, die ihr entzogenen Bestandtheile beständig aus der übrigen Atmosphäre wiedergewinnt; die chemische Verarbeitung des aufgenommenen Gases und seine Verwendung zu festen Bestandtheilen erneuert dagegen die Absorptionskraft des Saftes; so erlangt dieses Spiel der Aufnahme eine beständige Dauer. Entsprechend der Blätterausbreitung senkt sich eine zu feinen Fibrillen ausgesponnene Wurzelvertheilung in die Erde, um die tropfbare Flüssigkeit des Bodens mit den in ihr aufgelösten Salzen und der beständig aus dem Luftkreis absorbirten Kohlensäure der Pflanze zuzuführen. Die Aufnahme dieser Stoffe geschieht durch Schichten dünnwandiger, zarter und weiter Zellen, welche die letzten Endigungen der feinen Wurzelfasern umgeben, und deren concentrirter Inhalt, aus Kohlenhydraten und eiweissartigen Körpern bestehend, die wässrigen Lösungen des Bodens mit bedeutender enosmetischer Kraft anzieht. Versuche haben gelehrt, dass die Wurzelzellen nicht jede Lösung mit gleicher Leichtigkeit aufnehmen; häufig scheiden sie aus einer concentrirten Flüssigkeit, die man ihnen bietet, eine verdünntere aus, die sie allein aufsaugen; aus derselben Lösung verschiedener Stoffe, aus demselben Bodensafte eignet die eine Pflanze sich diese, die andere jene Substanz mit grösserer Leichtigkeit an. Allerdings muss diese specifische Auswahl die nothwendige physische Folge der Wechselwirkung zwischen dem eigenthümlich gemischten Zelleninhalt und den aufzunehmenden Stoffen selbst sein; allein die Thatsache, dass die Pflanzen manche ihnen künstlich dargebotene schädliche Substanz leichter selbst als eine nützliche aufnehmen, entkräftet nicht ganz die natürliche Ansicht, welche eben in der Anordnung jener Umstände zugleich eine zweckmässige Rücksicht auf die besondern Bedürfnisse jeder Pflanze genommen glaubt. Vgl. 221. 222.

209. Ueber den Weg sowohl, den die Safte von den Wurzelzellen aus bei ihrer weitern Verbreitung nehmen, als über die Kräfte, welche ihre Bewegungen vermitteln, sind bisher nicht alle Zweifel beseitigt. Im Gegensatz zu der früheren Annahme, welche in den sogenannten Gefässen der Pflanzen ebenso vorgezeichnete Wege des Saftlaufs sah, wie sie für den Kreislauf des thierischen Blutes die Adern bieten, hat hauptsächlich Schlei-

den nachzuweisen gesucht, dass die Säfte vielmehr ohne einschliessenden Kanal von Zelle zu Zelle dahin strömen, wohin sie durch enosmetische Verwandtschaft angezogen werden. Eine vorwiegende Strömungsrichtung nach einer bestimmten Gegend hin erhalten sie eben durch Verschiedenheiten der Umstände, welche die Enosmese selbst bedingen. An allen den Punkten, wo neue Theile entstehen sollen, finden sich stets grössere Mengen verdichteter Bildungsstoffe, Kohlenhydrate und eiweissartige Körper, deren bedeutendere Anziehung gegen die Flüssigkeit ihren Strom überwiegend auf sich zulenkt. So bildet sich nach diesen Theilen hin zuerst eine kräftige Strömung ohne Gefäss; aber der Saftstrom selbst wirkt auf die Zellen, die er durchstreicht, umgestaltend ein; in langgestreckte Formen ausgedehnt, ihres enosmetisch wirkenden Inhalts allmählich beraubt, mit Durchbrechung ihrer Zwischenwände in zusammenhängende Kanäle verwandelt, verlieren sie die Fähigkeit, den Saftstrom ferner zu vermitteln, und stellen, nun mit Luft gefüllt, die functionsunfähigen Gefässe dar, Residuen, aber nicht Mittel der Saftverbreitung. Die Gefässe können aber ebenso fehlen, wo der Safttrieb, obwohl völlig zureichend für die Bedürfnisse der Organisation, doch langsamer stattfindet und jene umgestaltende Kraft auf die durchflossenen Zellen nicht ausübt. Daher gehen Gefässbündel nach jeder Knospe, besonders nach der am lebhaftesten sich entwickelnden Terminalknospe, nach jedem sich ausbildenden Blatte; aber sie reichen zur Zeit des lebhaftesten Saftverbrauchs und der schnellsten Bildung noch nicht in die sich gestaltenden Theile hinein; viele wichtige Organe mit grosser Entwicklungsthätigkeit, wie Staubfäden und Samenknospe, haben nicht selten gar keine Gefässe; bedeutende Parenchymmassen, in denen tausende von Zellen lebhaft vegetiren, werden nicht von Gefässen durchzogen; fünf Klassen von Pflanzen, Algen, Pilze, Flechten, Moose und Lebermoose, haben keine Spur von Gefässen; unter den übrigen gibt es Gattungen und Arten, denen sie fehlen. (Schleiden Grundz. d. wiss. Bot. II, 207.)

210. Wenn nicht alle Züge dieser scharf gezeichneten Ansicht, so wird doch dies allgemein zugestanden, dass in der gewöhnlichen Vegetation unserer phanerogamen Pflanzen die Gefässe nicht die Wege des Saftes, sondern mit Luft erfüllt sind.

Durch die Zellen der Wurzelrinde aufgenommen, dringen die Säfte nach innen und steigen in den Holzzellen von jüngerer Bildung in die Höhe, um in den Blättern sich in das parenchymatöse Gewebe auszubreiten. Von diesem Verhalten macht der Frühlingssaft unserer Bäume eine Ausnahme. Ehe noch die Entfaltung der Blätter begonnen hat, ist durch die Thätigkeit der Wurzelaufsaugung der Stamm mit Saft überfüllt, der nicht nur die Zellen, sondern auch die Gefässe durchdringt, und in ihnen aufsteigend, mit grosser Ergiebigkeit aus Verwundungen des Stammes ausfliesst. Nach der Ausbildung des Laubes entleeren sich die Gefässe wieder und füllen sich mit Luft, die sie späterhin allein führen. Diese Erscheinungen haben Gelegenheit geboten, die aufsaugende Kraft der Wurzelspitzen zu messen. Schon Hales fand, dass der aus einer abgeschnittenen Weinrebe ausströmende Saft dem Drucke von mehr als anderthalb Atmosphären das Gleichgewicht zu halten vermag. Diese hebende Kraft gehört allein der Aufsaugung der Wurzelspitzen an, denn der Ausfluss des Saftes dauert fort, wenn man durch wiederholte Schnitte den Stamm mehr und mehr verkürzt; er hält noch an, wenn nur die Wurzeln selbst noch übrig sind. Die Zellen, die der Saft nach oben steigend, durchströmt, können auf den Strom selbst nicht als begünstigende Momente einwirken; sie würden zwar durch ihren concentrirten Inhalt zuerst das Steigen des Saftes befördern, aber einmal angefüllt, ihn nicht ins Freie entleeren. Zwar findet Schleiden die Annahme von dem Aufsteigen des Saftes in den Gefässen überhaupt unwahrscheinlich, weil ein in continuirlichen Röhren fliessender Saft, der einem so bedeutenden Drucke das Gleichgewicht halte, in einem springenden Strahle aus der Schnittfläche emporsteigen müsse, was er doch nicht thue. Diese Verwechslung zweier physikalischer Begriffe beweist jedoch etwas anderes, als sie sollte, und wir dürfen daher die Thatsache, dass an dem Frühlingssafttrieb auch die Gefässe sich betheiligen, nicht in Abrede stellen, obgleich wir die Bedingungen nicht angeben können, unter welchen der Saft aus den Zellen der Wurzelrinde in sie überdringt.

211. Jene Messungen der Wurzelaufsaugung, obwohl unter Umständen unternommen, welche von der gewöhnlichen Vege-

tation abweichen, können doch immer als Angabe der Leistungen gelten, zu denen die Kraft der Wurzelspitzen fähig ist. Nach ihnen würde diese Kraft bedeutend genug sein, um die Hebung des Saftes bis zur Höhe mässiger Bäume zu bewirken, und da Nichts die Annahme zu verhindern scheint, dass ihre Intensität für verschiedene Pflanzen verschieden sei, so würde sich der Auftrieb der Säfte genügend aus der vereinigten Wirkung der oft so fein ausgebildeten und umfänglichen Wurzelfaserung erklären. Für die Menge des Saftes, die in einer gegebenen Zeit durch sie emporgetrieben wird, geben dagegen die Messungen dessen, was in gleicher Zeit aus den Durchschnittsflächen des blutenden Stammes ausfloss, nur bedingungsweise Aufschluss. In der unverletzten Pflanze strömt der Saft nicht ins Leere ab, sondern der Nachstrom hat die ganze Last des schon emporgetriebenen und nun innerhalb der Formgrenzen des Pflanzenkörpers verweilenden Saftes zu bewegen. Gerade während des Frühlingstriebes erlaubt die wegen des fehlenden Laubes noch geringe Oberfläche der Pflanze nur eine langsame Verminderung dieser aufgestauten Massen durch Verdunstung, und die wirkliche Geschwindigkeit der Aufsaugung ist daher hier stets viel geringer als sie nach Durchschneidung des Stammes, also nach Hinwegräumung eines grossen Theiles jener Hindernisse scheint. In dem Fortgange des Wachsthums schafft nicht nur die Entfaltung der Blätter neue Räume, in welche die Säfte sich verbreiten, und hebt dadurch einen Theil jenes nach unten wirkenden Druckes auf, sondern ganz besonders wächst mit dieser neuen Oberflächenerzeugung die Grösse der Verdunstung, die bei jungen eben entwickelten Gestalttheilen von ihrer ganzen Aussenfläche ausgeht, während sie später nach der Bildung wachshaltiger undurchgängiger Bedeckungsschichten sich auf die Spaltöffnungen beschränkt, durch welche die von zarten Zellenwänden umgebenen Intercellularräume mit der äussern Luft in Verbindung stehen. Die Verdunstung ist es nun hauptsächlich, welche den ununterbrochenen Zustrom neuer Säfte aus dem Boden möglich macht, theils indem jeder austrocknende Theil durch moleculare Anziehung des nach unten liegenden Wassers sich neu tränkt, theils indem die concentrirter werdenden Säfte der oberflächlichen Theile enosmetisch die nachrückende Flüssigkeit einsaugen, theils endlich indem

beide Umstände der aufsaugenden Kraft der Wurzeln durch Hinwegräumung der Hindernisse zu Hilfe kommen. Zu dieser Zeit der lebhaftesten Vegetation kann die Pflanze leicht die volle Geschwindigkeit des Zustroms bedürfen, welche die Wurzelspitzen unter jenen günstigen Umständen des Versuchs hervorzubringen vermochten; ja man kann vermuthen, dass eben jene weit verbreiteten Wachsüberzüge der Oberflächen die Verdunstung zu hemmen bestimmt sind, die ohne sie unter manchen äussern Umständen stärker sein würde, als dass die Aufsaugungskraft der Wurzeln sie zu decken vermöchte.

212. An diesen beiden äussersten Punkten der Pflanze, an der Oberfläche der Blätter und an den Rindenzellen der Wurzelfaser scheinen daher die bewegenden Kräfte des Saftlaufs zu wirken. Welche begünstigenden Einflüsse die zwischengelegenen Theile hierzu beitragen, ist nicht vollkommen klar. Elastische Kräfte, welche den Blutlauf des Thieres unterstützen, sind im Pflanzenkörper zu diesem Zwecke nicht wirksam. Die Elasticität des Gewebes vermag zwar einem in grösseren Kanälen eingeschlossenen Milchsafte eine Bewegung nach einer Schnittfläche zu ertheilen, in der unverletzten Pflanze reicht sie dagegen nur hin, um jene Schwellung und Steifigkeit zu bewirken, welche das saftige gesunde Blatt vom welkenden unterscheidet. Die horizontalen Zwischenwände der Zellen ferner, an den steifen senkrechten Wänden des Stengels befestigt, würden zwar den Druck eines ruhenden Saftes nach unten vielfach brechen können, aber für die Bewegung desselben können sie jene Unterstützung nicht gewähren, die man zuweilen von ihnen erwartet. Denn der strömende Saft erreicht bei der Abwesenheit elastisch wirkender Bewegungskräfte jede höhere Zelle nur durch den Aufdruck der continuirlichen Saftsäule unter ihm; um ihn in die höchsten Theile zu treiben, muss daher die bewegende Kraft den Druck der gesammten Safthöhe der Pflanze überwinden. Durch die enosmetische Anziehung ihres Inhalts gegen die Flüssigkeit würden allerdings die auf dem Wege des Saftes gelegenen Zellen seinen Strom lebhaft befördern können; allein die grössten Mengen concentrirter Stoffe pflegen nicht in diesen, sondern in andern Parenchymzellen abgelagert zu sein, welche der Saftstrom nicht durchläuft.

213. Man schreibt den Pflanzen eine Neigung zu, den Saft vorzugsweis in senkrechter Richtung in die Höhe zu treiben. Die Terminalknospe eines Zweiges erhalte den meisten Saft zugeführt, wachse zu einem stärkern Triebe aus, als die weiter unten stehenden Knospen; von zwei Zweigen, von welchen der eine in senkrechte Lage gebracht, der andere seitwärts oder abwärts gebogen wird, werde der erstere im Wachsthum gefördert, der zweite beeinträchtigt. Diese Thatsachen beweisen jedoch nichts, als dass die Entwicklung überhaupt in senkrechter Richtung stärker ist, als die in seitlicher; ganz unentschieden bleibt es, ob dieses Uebergewicht von der grössern mechanischen Leichtigkeit des Safttriebes nach oben oder von jenen noch sehr unbekannten andern Bedingungen abhängt, welche überhaupt die aufrechte Richtung der Pflanzenaxe bestimmen. Bildet man Stecklinge einer Pflanze, indem man einen Stengel halb durchschneidet, die andere Hälfte mit der Mutterpflanze in Verbindung lässt und die Schnittstelle in die Erde steckt, so bemerkt man zwar eine langsamere Ernährung im Ganzen, aber man sieht nicht, dass die Blätter vorzugsweis litten, deren saftzuführende Zellenreihen zerschnitten sind. Die Nahrungsflüssigkeiten, die durch den unverletzten Theil des Stengels zugeleitet werden, scheinen sich daher in querer Richtung nicht minder als in senkrechter zu verbreiten.

214. Durch die Holzzellen der Stengelgebilde emporgetrieben, wird der Saft nicht nur zur Entwicklung der Blattorgane verwandt, sondern in ihnen weiter ausgebildet tritt er zum Theil in der Rinde absteigend wieder zurück, um nun erst die unteren Abschnitte der Pflanze zu ernähren. Die Vegetation der oberen Theile leidet daher keinen Nachtheil, wenn die Rinde bis auf das Holz durchschnitten wird, denn nicht in der ersten, sondern in dem letztern steigt der rohe Nahrungssaft auf, um in den Blättern weiter assimilirt zu werden. Dagegen steht das Wachsthum unterhalb der durchschnittenen Rinde still, der Stamm verdickt sich hier nicht mehr, unterirdische Knollen setzen nicht mehr an, und der am Absteigen verhinderte Rindensaft schwellt dafür die obern Theile der Pflanze, bedingt reichlichere Holzbildung und lässt mehr und zeitigere Früchte reifen. Ein Theil des Saftes, der auf dem Wege von den Blättern zur Wurzel

nicht zur Ernährung verwendet wird, dringt durch die horizontalen Markstrahlen zum Holze zurück und verursacht eine Ablagerung von Amylum, welche in den Zellen der Markstrahlen im Herbste stattfindet. (Mohl in Wagners HWB. IV. 230).

215. Der Saftstrom nach einzelnen Richtungen hört allmählich auf, wenn die Verdunstungsfähigkeit der dorthin liegenden Theile und ihre Bildungsthätigkeit abnimmt; umgekehrt wird die letztere durch die Minderung des Zustroms geschmälert. Der aufgestiegene Saft wird hauptsächlich in den Blättern zu consistenteren Stoffen umgewandelt, von denen nur sehr wenige flüchtig sind und mit dem verdunstenden Wasser davon gehen, während ein anderer gleichfalls nicht zu bedeutender Antheil mit dem absteigenden Safte zurückgeht. In den peripherischen Theilen bilden sich daher massenhafte Anhäufungen dichterer Stoffe, die zuletzt mit dem fallenden Laube, den Früchten und Samen sich von dem Pflanzenkörper abtrennen. Bei den Cerealien und den einjährigen Gewächsen überhaupt sterben zuerst Wurzeln und Stengel, durch den Saftstrom selbst lebensunfähig geworden, ab; der Inhalt der Samen übt auf den Saft der höchsten Theile noch einige Anziehung und reift zuletzt durch eine Verdunstung, die einen grossen Theil der dem Boden entzogenen Nahrungsstoffe in ihm vereinigt. Auch die Stiele der Früchte und Blätter erfahren nach längerer Function eine ähnliche Veränderung ihres Baues; sie hören auf, Saft zuzuleiten, und die jetzt ablösbare Frucht hat ihre Reife erreicht oder erlangt sie später durch eine fortschreitende Veränderung ihrer Mischung, die nur der Verdunstung und der Wechselwirkung mit der Atmosphäre bedarf. Während dieser Massenverluste hat der perennirende Stamm der Pflanze bereits die Anlagen zu der Entwicklung des nächsten Jahres gebildet; auch in diesen Knospen sammeln sich durch Verdunstung concentrirte Stoffe, aber sie bleiben in Verbindung mit dem Pflanzenkörper, eine vita minima führend, bis die wiederkehrende Frühlingswärme ihre Lebensthätigkeit, die Verdunstung und die Wurzelaufsaugung von neuem steigert. Jetzt beginnt abermals der Kreis der geschilderten Vorgänge und die erneuete Bildungsthätigkeit treibt über die stehen gebliebenen Grenzen des vorjährigen Körpers neue Glieder empor. So steigert sich der Umfang und die Höhe der Bäume lange Zeit hin-

durch, bis die immer zunehmende Schwierigkeit, den höchsten Knospen hinlängliche Nahrung zuzuführen, das Wachsthum beschränkt und die Wipfel verkümmern, während aus den ebenfalls wachsenden Wurzeln neue junge Triebe zu gleichem Lebenslaufe sich erheben.

§. 21.

Mechanik der ersten Wege.

216. So einfach sind die gegebenen Verhältnisse nur bei sehr wenigen Thieren, dass eine Stoffaufnahme nach dem Muster der vegetabilischen ihnen genügte. Nur vor der Entfaltung zur organischen Gestalt bietet das Ei der Vögel eine Analogie dieses einfachen Verhaltens. Indem es Sauerstoff aufnimmt und Kohlensäure aushaucht, bildet es ohne alle mechanischen Bewegungsorgane nur den Schauplatz, an welchem die Diffusion der Gasarten diesen Wechsel vollzieht. Einige infusorielle Organismen finden vielleicht im umspülenden Wasser lösliche organische Stoffe, die sie durch eine einfache ihren ganzen kleinen und zarten Körper durchdringende Einsaugung sich aneignen. So hat man bei der Gattung Opalina keine Aufnahme fester Nahrung und keine Organe dafür beobachtet. Aber alle uns näher bekannten Thiere bedürfen stets zur Nahrung auch feste Substanzen, zwar feuchte, doch solche, die nicht über einen gewissen Grad schleimiger Consistenz hinaus beweglich sind und deshalb längeren Contact mit einer verdauenden Oberfläche und die Einwirkung organischer Lösungssäfte als Bedingungen der Aufsaugung voraussetzen. Nur die Respiration, wohl ein allgemeiner Zug des Thierlebens, kann in niederen Thierklassen bei kleiner Körpermasse oder geringem Bedürfniss ohne eigenes Organ geschehen, indem der Sauerstoff durch die leicht durchgängigen Membranen von dem oberflächlichen Safte absorbirt, nach innen dringt; Verdauungsapparate dagegen sehen wir sehr bald im Thierreich localisirt auftreten. Zuerst freilich in grosser Einfachheit; eine Einstülpung der Oberfläche ohne erkennbare, obwohl kaum fehlende Eigenthümlichkeit der Auskleidung reicht den einfachen Infusorien hin, um der Nahrung längeres Verweilen, Lösung durch den Einfluss der Körpersäfte und Uebergang in das Innere möglich zu machen. Aber nur Körper von geringer,

zarter, permeabler und homogener Masse können so von einer innern Höhle durch einen ruhenden Saft ernährt werden, den nur die molecularen Anziehungen der ersatzbedürftigen Theile selbst in Bewegung setzen. Nicht so dagegen ein grösserer Körper aus Knochen, dichten Muskeln, Sehnen und Sehnenhäuten gebildet, im Verhältnisse zu seiner Masse mit sehr geringer Oberfläche, die selbst, wo sie noch in grosser Ausdehnung, wie in Haaren und Federn, producirt wird, durch ihre Indifferenz für den Chemismus verloren geht. Ein solcher bedarf vielmehr einer Scheidung seiner Ernährungsprocesse in eine erste Aufnahme und Assimilation, und in eine nachfolgende durch eigene mechanische Bewegungsapparate bewirkte Verbreitung des Assimilirten zu allen bedürftigen Theilen, deren Molecularkräften nur die letzte Aneignung auf unmerkliche Entfernungen hin überlassen bleiben darf.

217. Da die Nahrung der Thiere nicht in überall verbreiteten Elementen besteht, die sich von selbst zudrängen, sondern aufgesucht, ergriffen und oft aus unpassender Gestalt zur Assimilation vorbereitet sein will, so entwickeln sich früh in der Thierreihe Hilfsorgane der mannigfachsten Form. Durch flimmernde Haare, um die Mundöffnung gestellt, erregen Vorticellen kleine Wasserstrudel, hinreichend, die noch kleinere Beute ihnen zuzuführen; durch Contraction des mittleren Theils ihres scheibenförmigen Körpers fängt Beroe und verwandte Akalephen die kleinen Thiere, die ihn berühren, und hält sie zur Verdauung fest; Tentakeln und Fangarme von grosser und vielseitiger Beweglichkeit ergreifen bei Polypen und andern die dienliche Nahrung; durch künstliche Gespinnste, abgelöst vom Körper, ersetzt die Spinne die fehlende Kraft zur Bewältigung der fliegenden Beute; andere Thiere zwingen durch andere Listen die äussern Umstände, die Leistung ihrer Organe zu vergrössern. Ausserordentlich mannigfach sind ferner die ersten Mittel, durch welche die ergriffene Nahrung ausgebeutet, zerkleinert und vorbereitet wird. Tellerförmige Saugscheiben setzt der Blutigel an die Oberfläche des Thierkörpers und verwandelt sie durch Contraction ihres Mitteltheils in eine luftleere Halbkugel, in die das Blut aus dem indess zerbissenen Gefässe strömt; durch Saugröhren, die sich eingestochen, durch Capillaranziehung füllen, und durch Schlingbewegungen entleert,

von neuem füllen, nähren sich Insecten von flüssigen Thier- und Pflanzensäften; mit viel grösserer Muskelkraft zerkleinern höhere Thiere die feste Nahrung durch zerreissende, reibende, schneidende Bewegungen ihrer Zähne. So mannigfach Form, Sitz und Wirkungsweise dieser vorbereitenden Hilfsmittel sind, so genau scheinen sie überall der Gesammtheit der Lebensweise und der Bedürfnisse angepasst. Aber so Vieles ist uns über beide letztere noch unbekannt, dass die Zoologie noch lange unfähig sein wird, in grösserer Ausdehnung das glänzende Beispiel nachzuahmen, das Cuvier in Bezug auf einige der höheren Thiere gegeben hat, und uns zu zeigen, wie aus der Form aller dieser Hilfsorgane allein schon sich ein Bild des nothwendig zu ihnen gehörenden Körperbaues und eine allgemeine Anschauung der ganzen Lebensweise eines Thieres entwickeln lässt. Von der Menge eigener Fragen bedrängt, muss die allgemeine Physiologie sowohl diese anregenden Betrachtungen als selbst die Verschiedenheiten, welche der Bau der eigentlichen Verdauungsorgane zeigt, der vergleichenden Physiologie überlassen, welche allein ihre Bedeutung aus der Lebensweise der Thiere, in denen sie vorkommen, zu erläutern vermag.

218. Im Wesentlichen läuft der Bau der Verdauungsorgane darauf hinaus, eine hinreichende Oberfläche zu bilden, an welcher die Nahrungsstoffe mit dem passenden Grade von Geschwindigkeit vorübergeführt werden, um ihren assimilirenden Einfluss zu erfahren. Ein geschlossener Cylinder, mit gesonderten Oeffnungen für Aufnahme und Ausstossung, auf der Innenfläche mit der verdauenden Schleimhaut, aussen mit einer bewegungserzeugenden Muskelschicht überzogen, überall durchsetzt von aufsaugenden Gefässen, bildet daher den allgemeinen Typus des Darmkanals. Die Mechanik der Fortbewegung bietet der speciellen Physiologie einzelne merkwürdige Punkte; ihr allgemeines Princip ist höchst einfach. Da die Nahrung weder beständig zutritt, noch ohne Druck sich in ihm bewegen würde, so bildet das Darmrohr keinen stets offnen Kanal, wie die Luftröhre, sondern die eigne Elasticität der Wandungen und der Druck der übrigen Körpertheile halten es stets verschlossen, und feste wie flüssige Stoffe bewegen sich langsam in ihm fort, indem sie als Keil wirkend, es erweitern. Die einmal entstandene Ausdehnung

jeder Darmstelle erweckt ein lebendiges Bestreben der Zusammenziehung in der umgebenden Muskelschicht, und der Druck, den sie durch ihre Wiederverengerung auf den Darminhalt ausübt, findet nach der Seite hin, von welcher die Nahrung eingetreten ist, einen stärkeren Widerstand, als nach der entgegengesetzten. Denn die lebendige Zusammenziehung der Darmmuskeln endet nicht plötzlich, wie die Zuckungen willkührlicher Muskeln mit dem Aufhören des Reizes, sondern hält noch an, während das Contentum weitergetrieben schon die zunächst folgende Darmstelle zu gleicher Zusammenziehung anregt. Sie bietet daher dem Drucke, den diese letzte ausüben will, einen hinlänglichen Stützpunkt, um den Inhalt nach einer dritten abwärts gelegenen Stelle zu befördern, deren Erweiterung weniger Kraft erfordert, da sie noch nicht durch lebendige Muskelwirkung, sondern nur durch physische Elasticität und den Druck der Umgebung verschlossen gehalten wird. So rücken die Contenta, indem theils muskulöse Ringfasern senkrecht auf die Axe des Darmrohrs wirkend dessen Querschnitt verengen, theils Längsfasern, der Axe parallel, durch ihre Verkürzung die Darmwand über dem Inhalte zurückstreifen, einseitig der Ausgangsöffnung zu; nur im Einzelnen finden auch Rückwärtsbewegungen statt, besonders da der Druck der Körpermuskeln auf die Gedärme nicht stets fördernd, sondern nach der Lage des Inhalts in den verschlungenen Darmwindungen, auch verzögernd auf seine Bewegung wirken kann. Ein grösserer mechanischer Einfluss auf die Speisen, als diese langsame Fortschiebung, ist durch die Muskeln des Darms im Allgemeinen nicht beabsichtigt; nur in einzelnen Fällen, wie in dem stark muskulösen Magen körnerfressender Vögel, dem mit Zähnen bewaffneten der Krebse ist ihnen zugleich eine Zermalmung derselben aufgetragen. Aber indem sie durch ihre Contraction die zwischen ihnen eingeschlossene Schleimhaut pressen und verschieben, befördern sie zugleich den Austritt der verdauenden Säfte aus den drüsigen Organen derselben. Theils durch diese mechanische Erschütterung des Darms, noch mehr durch eine Fortpflanzung nervöser Wirkung werden ähnliche wurmförmige Bewegungen in den Ausführungsgängen der Leber und des Pankreas erzeugt, und deren Secrete der Verdauung zugeführt. Nur Aufnahme und Ausscheidung der Stoffe sind übrigens aus verständlichen Gründen

durch direct sensible Nerven und willkührlich bewegliche Muskeln an den beiden Endstücken des Darmkanals dem Bewusstsein unterworfen; sein übriger Verlauf gehorcht dem sympathischen Nerven, dessen receptive Fasern zwar von der eingeführten Nahrung Erregungen annehmen, sie jedoch im gewöhnlichen Zustande nicht dem Bewusstsein, sondern sogleich motorischen Fasern zuleiten, durch welche die Bewegungen des Kanals geregelt werden.

219. Eine eigenthümliche verdauende Membran fehlt schwerlich irgend einem Thiere, das sich nicht etwa durch blosse Oberhautabsorption nährt. Schon bei den Polypen lässt auch die Beobachtung deutlich eine besondere Begrenzungshaut des Darms nach innen erkennen; in den höheren Thieren zeigt sie sich als Schleimhaut, sammtartig weich, und von einer im gesunden Zustand freilich sehr unbeträchtlichen wässerig-schleimigen Absonderung befeuchtet. Ihr feinerer Bau ist in verschiedenen Theilen des Darmkanals, gemäss der Bestimmung eines jeden, etwas abweichend. Sie ist dünn in der Speiseröhre, die nur der Bewegung dient, besitzt wenige Längsfalten und nur am untern Ende zahlreiche traubige Drüschen, doch dehnt sie sich bei vielen Vögeln zu drüsenreichen Kropfbildungen aus. Im Magen zeigt sie sich nicht so eben, sondern von kleinen Erhöhungen und Vertiefungen besetzt, in welchen letztern die Ausführungsgänge der pepsinbereitenden Labdrüschen münden. In allen Theilen des Magens, in grösster Menge am Pylorus, betten sich diese cylindrischen Drüschen dicht gedrängt in die Schleimhaut und erreichen mit ihrem untern blindgeschlossenen Ende die unter ihr liegende Bindegewebschicht. Aus einer structurlosen Membran gebildet, von einem feinen Blutgefässnetze umsponnen, sondern sie in ihre Höhle einen Saft aus, der am blinden Grunde feinkörnige Molecule von $^1/_{1000}$ bis $^1/_{800}'''$, weiter oben Zellenkerne mit 1—2 Körperchen, am obern offnen Ende völlig entwickelte unregelmässig eckige Labzellen von meist $^1/_{100}'''$ Dm. unterscheiden lässt. Der sanfte Druck der wellenförmigen Magenbewegungen entleert diesen Inhalt, den die Drüschen nach der Verdauung allmählich wiedererzeugen. Vom Magen an abwärts ändert sich das Ansehn der Schleimhaut durch das Auftreten der Zottenbildungen. Im obern Theil des Darmkanals kegelförmige Erhöhungen mit breiter Basis, gehen sie im untern in zungenförmige Organe über,

die, obgleich stets mikroskopisch klein, in verschiedenen Darmtheilen zu 40—90 auf eine Quadratlinie gedrängt, doch eine feine Organisation besitzen. Die blasse unbestimmt faserige Grundmasse ihres Gewebes umgibt aussen ein Ueberzug cylindrischer Zellen, unter dem an zwei Seiten feine Blutgefässe, durch Zwischennetze verbunden, aufsteigen; die Mitte der Zotte, mit blindem, kolbigen oder stumpfen Ende an ihrer Spitze beginnend, nimmt das Chylusgefäss ein. In den Vertiefungen zwischen den Zotten bemerkt man Ausführungsgänge darmsaftgebender Drüschen. An allen diesen absondernden und aufsaugenden Elementen der Schleimhaut wird der Speisebrei vorübergeführt, und während seine unlöslichen Reste dem Dickdarm zugetrieben werden, erfolgt die Aufsaugung der durch die Secretionen des Darmkanals umgewandelten benutzbaren Stoffe.

220. Zwei Systeme theilen sich in diese Arbeit; die Blutgefässe, welche die ganze Ausdehnung des Darmrohrs mit feinen Capillarnetzen durchziehen und die Chylusgefässe, die schon den Magen reichlich durchsetzen, besonders aber im untern Darmkanal durch ihre eigenthümlichen Ursprünge in den Zottenbildungen auffällig sind. Allmählich zu Stämmchen gesammelt, vereinigen sich bekanntlich die Chylusgefässe später mit der Verzweigung der Lymphgefässe, die aus den übrigen Theilen des Körpers das ergossene Plasma aufsaugen, zu einem gemeinschaftlichen Ausführungsgange, der ihren Inhalt dem venösen Theil des Blutgefässsystems zuführt. Die Verschiedenheit der Aufgaben, welche beiden aufsaugenden Systemen bei der Verdauung zufallen, scheint darin zu bestehen, dass unter normalen Verhältnissen nur die Chylusgefässe die organischen assimilirbaren oder benutzbaren Substanzen, die eiweissartigen Körper und Fette, nur die Blutgefässe dagegen die zum Bestehen des Organismus theils nothwendigen, theils überschüssig in der Nahrung enthaltenen löslichen unorganischen Körper aufnehmen. Unter abnormen Verhältnissen, indem man nämlich experimentell den Darmkanal von Thieren mit Stoffen überlud, die im natürlichen Lauf der Dinge nicht in ihn gelangen, hat sich gezeigt, dass nicht nur die meisten Salze, sondern auch unorganische wie organische Gifte, falls sie flüssig sind, von den Blutgefässen so rasch absorbirt werden, dass sie nach wenigen Minuten sich schon im Blute und den Ab-

sonderungen durch ihre Reactionen, in dem übrigen Körper durch ihre Wirkungen bemerklich machen. So geschieht es, wenn man durch operativen Eingriff zwischen der Aufnahmsstelle dieser Stoffe und dem übrigen Körper nur Blutgefässe als Vermittlungsglieder übrig gelassen hat; nicht so, wenn dieselben Stoffe nach Unterbindung der Blutgefässe eines Darmstücks nur durch die Chylusgefässe in den Körper gelangen können. Theils zeigen sich dann ihre Wirkungen viel später, theils bleiben sie ganz aus; stets hat man die Substanzen, die man anwandte, viel früher im Blute, viel später, oft gar nicht, im Chylus wiederfinden können. Dieser ausserordentlich rasche Uebergang vieler Salze und Gifte in das Blut, nicht aber in den Chylus, mag zum Theil von der oberflächlichern Lage der Blutgefässe an den Darmzotten selbst abhängen, durch welche sie, unterstützt noch überdies durch die beständige Erneuerung des Blutes in ihnen, den tiefer liegenden und weniger zugänglichen Chylusgefässen die aufsaugbaren Stoffe im Voraus entziehen.

221. Solche Thatsachen haben die alte Ansicht zurückgedrängt, dass die Aufsaugung hauptsächlich durch die Chylusgefässe und zwar mit Auswahl des Benutzbaren und Zurückweisung des Schädlichen geschehe. Diese Vorsicht musste überflüssig erscheinen, wenn dafür ein anderes Gefässsystem mit desto grösserer Leichtigkeit das Schädlichste in sich aufnahm. So hat man sich gewöhnt, an einen rein enosmetischen Uebergang alles Flüssigen in die Gefässe zu glauben, ohne Regelung des Processes durch zweckmässig wirkende Kräfte. Aber diese neuere Ansicht ist nicht besser begründet, als die Teleologie der ältern. Der Fehler der letztern war, dass sie in der Natur Vertheidigungsmittel gegen Gefahren annahm, die gar nicht im natürlichen Lebensgange eines Geschöpfes liegen, da doch die Zweckmässigkeit der organischen Bildung nicht einmal zum Schutz gegen alle fast unvermeidlichen Einflüsse hinreicht. Werden giftige Salze oder schnell tödtliche organische Stoffe von den Blutgefässen aufgenommen, so ist dies kein Beweis gegen das Dasein einer zweckmässig beschränkten Aufsaugung; vor diesen künstlichen Gefahren des Experiments schützt den Thierkörper die Welt, in der er lebt, und die jene Stoffe nicht enthält, oder der Instinct, der ihre Aufnahme vermeiden lehrt. Auch die Pflanzen finden in der

Flüssigkeit des Bodens die Gifte nicht, die man sie künstlich aufzusaugen zwingen kann; nach dieser Richtung hin bedurften daher weder Pflanzen noch Thiere einer besonderen Vertheidigung, denn sie hätte nur ein Schutzmittel gegen Schädlichkeiten sein können, die der Eigensinn eines experimentirenden Naturforschers ihnen möglicherweis in den Weg werfen könnte. Wohl aber können in den naturgemässen Nahrungsstoffen Verbindungen vorkommen, die roh nicht verwendbar sind, sondern entweder ganz zurückgewiesen oder vor ihrem Uebertritt in das Blut umgestaltet werden müssen. Mineralische Bestandtheile nun gestatten eine Umwandlung überhaupt nicht in sehr ausgedehntem Masse; da der Körper einige derselben bedarf, die natürliche Nahrung dagegen neben diesen nur indifferente, nicht giftige zu führen pflegt, so konnte der Organismus den löslichen Salzen einen unmittelbaren Zutritt in das Blut ganz allgemein gestatten, da so auf dem kürzesten Wege das, was weitere Vorbereitung nicht bedarf, zur Verwendung, das Gleichgiltige und Ueberflüssige zur Wiederausscheidung gelangt. Treten in einem ungewöhnlichen Falle giftige Stoffe von gleichen Eigenschaften der Löslichkeit in den Darmkanal, so muss der Organismus die Folgen dieser seiner ursprünglichen Einrichtung tragen; auch sie werden aufgenommen. Häufig geht dieser Sturm einer acuten Vergiftung durch ebenso schnelle Secretionen glücklich vorüber, unmöglich aber können wir mit Kürschner (Wagner, Handwörterb. I, 48) in dem directen Uebertritt dieser Stoffe ins Blut eine zweckmässige Vorkehrung der Natur sehen, sie möglichst unschädlich zu machen. Nicht allein dem Princip nach ist es eine unerträgliche Annahme, die Natur habe die Folgen des Weins oder Alkohols, die Jemand beim Diner in berauschender Menge geniessen könnte (das. S. 49), auf wenige Stunden beschränken wollen, sondern auch im einzelnen Falle wissen wir durchaus nicht zu beurtheilen, ob die plötzliche Ueberstürzung des Blutes mit schädlichen Bestandtheilen überall dem auf längere Zeit vertheilten Zutritte derselben, d. h. ob eine kurze heftige Wirkung einer längern schwächern vorzuziehen sei. Das eine mag im einen, das andere im andern Fall vorkommen; häufig zieht das Leben vielleicht Nutzen von jener seiner einmal bestehenden Einrichtung, häufig unterliegt es den Consequenzen derselben; als Hauptpunkt aber für die Beurtheilung

aller organischen Zweckmässigkeit muss der Satz gelten, dass sie vor allem nur für die normalen Lebensverhältnisse berechnet ist, in abnorme aber sich nur in einzelnen Glücksfällen hinüber erstreckt.

222. Ganz anders wird es sich mit den organischen Stoffen, namentlich den gewebbildenden Substanzen verhalten. Auch wenn für sie die Wandungen der Gefässe permeabel wären, würden sie doch nicht leicht in das Blut unmittelbar übergehen können, da sie in diesem nur nahe verwandte und identische Stoffe fänden, die Anziehung zwischen Gleichartigem aber nicht hinreichend scheint, um den Durchtritt durch thierische Membranen leicht zu gestatten. Aber auch sonst setzt eine geordnete Verwendung der Säfte vielmehr voraus, dass sie nur an bestimmten Stellen, nicht aber überall durch die Wandungen der Behälter dringen können, und es ist eine unbegründete Verallgemeinerung enosmetischer Analogien, jede Membran nur als Membran, jede Flüssigkeit als Flüssigkeit überhaupt anzusehn, und nach den verschiedenen Graden ihrer Concentration und Säuerung den Durchgang dieser durch jene beurtheilen zu wollen. Jede Membran ist vielmehr eine specifische Scheidewand, die einiges durchlässt, anderes nicht, und eine solche abwehrende Kraft gegen den Eintritt von Stoffen, die den gewöhnlichen Nahrungsmitteln inhärirend, dennoch für die Zwecke des Organismus unpassend sind, glauben wir auch den Membranen der Chylusgefässe zuschreiben zu müssen. Die Nahrung der Pflanzenfresser enthält stets einzelne Stoffe, die wie die Harze, die Pigmente, die Extractivstoffe, die ätherischen Oele für den Thierkörper unbenutzbar sind, und doch nicht alle durch Unlöslichkeit der Aufsaugung entzogen sein würden; man findet sie im Chylus entweder nicht, oder nur dann vor, wenn sie in ungewöhnlichen Mengen und längere Zeit hindurch der Verdauung aufgedrängt werden. Auch Gummi, obgleich löslich, und Pflanzenschleim gehen unverändert durch den Darmkanal wenigstens fleischfressender Thiere; gegen alle diese Stoffe scheinen daher sowohl Blut- als Chylusgefässe undurchgängig oder doch so schwer permeabel zu sein, dass sie dieselben nur in geringen Mengen und vielleicht nur in inniger Verbindung mit andern aufsaugbaren in sich eintreten lassen. Aber auch die Fleischnahrung muss Substanzen enthalten, die löslich, dennoch

nicht benutzbar sind. Mit den organisirbaren Eiweisskörpern werden stets auch Producte ihrer Zersetzung genossen, deren Einführung in die Chylusgefässe, die für diese Klasse von Stoffen allein in Betracht kämen, nur durch eine specifisch auswählende Kraft derselben abgewehrt werden könnte. Allerdings sind wir nicht im Stande, anzugeben, wodurch sich das für diese Gefässe Unaufnehmbare von dem Aufsaugbaren unterscheidet; gewiss aber geschieht es durch physische Eigenschaften. Die Gefässe wählen das Taugliche nicht, weil es tauglich, sondern weil es durch diese Eigenschaften characterisirt ist. Leicht kann es daher unter den Stoffen, die keine natürliche Nahrung bilden, solche geben, die ohne benutzbar zu sein, doch diese allgemeinen physischen Merkmale theilen, an denen die Aufsaugbarkeit hängt, oder welche selbst diese Eigenschaften mit andern deletären verbinden. Die Aufnahme aller irgendwo in der Welt möglichen Gifte oder einer Menge gleichgiltiger Stoffe, die sich zufällig in einzelnen Nahrungen finden, ist daher durch diesen teleologischen Apparat nicht absolut gehindert, obgleich die Erfahrung, dass manche organische Gifte, die vom Blute aus tödten, vom Darmkanal aus unwirksam sind, darauf deutet, dass die zweckmässige Aufsaugung gewisse Klassen von Gefahren, die sich im natürlichen Lebenslauf der Thiere zwar nicht regelmässig, aber leicht zudrängen, bereits im voraus zu vermeiden sucht. Am wenigsten aber könnte die Resorption ungewöhnlicher Schädlichkeiten einen Gegenbeweis enthalten gegen die Existenz einer specifischen Aufsaugung, die streng genommen nur auf die gewöhnlich vorkommenden Umstände angewandt zu erwarten war.

223. Die Meinung über diese Fragen bestimmt in keiner Weise die Vorstellung, die man sich nun über den Mechanismus des Uebertritts der Stoffe zu machen hat. Wir wissen über diesen Punkt keine genügende Antwort zu geben. Zwar den Uebergang löslicher Stoffe durch die stets durchfeuchteten Wände der Gefässe können wir einfach aus dem Bestreben jeder Lösung erklären, sich durch die ganze Ausdehnung der mit ihr mischbaren Flüssigkeiten zu verbreiten, und die Bewegung des Bluts, die beständig neue Theile darbietet, muss dieses Bestreben lebhaft begünstigen. Auch der Uebertritt grosser Wassermengen ist, sobald wir auch nur einige Anziehung des Blutes zu ihnen voraus-

setzen, bei dem geringen Drucke in den Venen erklärlich, ohne die copiöse Wiederausscheidung desselben aus den nicht wesentlich verschiedenen, aber unter höherem Drucke stehenden arteriellen Gefässen der Secretionsorgane zu erschweren. Desto weniger leisten diese Analogien der Enosmese zur Erläuterung der Chylusresorption. Das Aufsteigen des Saftes in den Chylusgefässen würde nach enosmetischer Weise in den feinsten Anfängen derselben irgend eine beständige oder stets wieder erzeugte Substanz voraussetzen, welche die Bestandtheile des Chylus kräftig genug anzöge, um sie durch die Membran des Gefässes hindurchtreten zu lassen, dann aber sich in dieser übergetretenen Flüssigkeit entweder nicht oder so löste, dass für die Lösung dieselbe Membran keinen Rückweg gestattete. Nur unter diesen Voraussetzungen, die wir z. B. in den Wurzelspitzenzellen der Pflanzen realisirt finden, von denen dagegen in den Anfängen der Chylusgefässe keine Analogie nachgewiesen ist, könnte die Elasticität der Gefässhäute selbst, oder die Zusammenziehungen der Darmmuskeln, oder die wechselnden Drucke, welche der ganze Gefässverlauf durch Contractionen der Körpertheile erleidet, eine Fortbewegung des Chylus nach vorwärts hervorbringen, indem allen diesen Kräften die Impermeabilität des Chylusgefässes nach der Seite der Darmhöhle zu einen festen Stützpunkt ihres Drückens gewährte. Im Verlaufe des Gefässes können die Klappen diese Function des Stützpunkts allerdings übernehmen, aber das Gefäss würde sich nie auch nur soweit füllen, um ihnen Veranlassung zu diesem Dienste zu geben, solange nicht durch eine nur einseitige Permeabilität der Gefässwurzel der Rücktritt des Eingesogenen verhindert wird. Lägen die Darmmuskelfasern als innerste Schicht im Darmrohr und liessen durch ihre Zwischenräume den Chylus an weiter nach aussen gelagerte Darmzotten treten und in diese sich imbibiren, so würde die Ansicht Kürschners, der von diesen Hilfskräften die Einsaugung des Chylus erwartet, haltbar sein. Denn dann würde die Muskelschicht durch die Pressung der Darmzotten gegen einander, welche sie bei ihrer Contraction in einen engern Kreis nach sich zöge, die Entleerung ihres Inhalts nach den Stämmen hin begünstigen, den Rücktritt aus den Wurzeln aber durch ihre eigene vorgeschobene und verdichtete Masse verhindern. Bei der wirk-

lichen Einrichtung dagegen ist es nicht wohl möglich, durch einfache Imbibition, die stets vor jedem Drucke doppelseitigen Rücktritt gestattet, die Einsaugung begreiflich zu machen. Zur Erfüllung der andern Anforderung dagegen, die wir nach Analogie der Enosmese machen müssten, zeigt sich zwar keine Aussicht, doch dürfen wir unsere Kenntniss der Structur dieser kleinsten Theilchen noch für unvollkommen genug halten, um an der Auffindung eines im Innern derselben liegenden anziehenden Elementes nicht zu verzweifeln. Einen stets gefüllten Kanal, wie die Blutadern, stellen die Chylusgefässe allerdings nicht dar; sie sind zusammengefallen und ziemlich entleert ausserhalb der Verdauung; doch ist es fraglich, ob nicht gerade in ihren ersten Anfängen in den Darmzotten sich stets von früherer Chylusaufnahme her ein Residuum organischer Substanz erhalte, das, unterdessen vielleicht überdies chemischen und morphotischen Umwandlungen unterworfen, für die nächste Verdauungsperiode dieselbe Function ausübt, welche für die Wurzelaufsaugung der Pflanzen dem concentrirten Inhalt ihrer Zellen obliegt.

224. Wäre diese letztere Voraussetzung nun richtig, so würde der Uebertritt der eiweissartigen, überhaupt aller löslichen Körper in die Chylusgefässe erklärbar werden können. Man hat früher bekanntlich offene Mündungen der Darmzotten angenommen und ihnen eine Fähigkeit des Saugens zugeschrieben, ohne den Saugapparat nachweisen zu können, dessen sie sich bedienten. Diese Mündungen, deren Nichtvorhandensein jetzt für unbezweifelt gelten kann, würden unsere Erklärungsversuche noch weit mehr belästigen. Denn ohne ganz besondere Nebenhilfsmittel würden sie weder die Einsaugung flüssiger noch fester Stoffe möglich machen. Mit ihrem Wegfall wird freilich die niemals sicher nachgewiesene Aufnahme geformter fester Partikelchen durch die Chylusgefässe ebenfalls fallen müssen, da eine stetige Membran oder eine poröse von solcher Kleinheit der Poren, dass sie dem Wiederaustritt ihres Contentum so bedeutenden Widerstand leistet, unmöglich das Durchdringen fester Körper erlauben kann. Wenn daher Herbst (das Lymphgefässsystem, Gött. 1844) Stärkmehl an seinen Reactionen im Chylus wieder erkannte, so ist dieser Uebergang einer unvollkommnen Lösung wohl das Aeusserste, was sich erwarten lässt, und im natürlichen Ver-

dauungsprocess wird bei der leichten Verwandlung des Amylum in Zucker auch dieser Fall nicht einmal vorkommen. Wenn dagegen derselbe genaue Beobachter auch Indigomolecule in den Chylus übergehen sah, und doch dies selbst nur selten, so dürfen wir dies kaum noch als einen regelmässigen Aufsaugungsact betrachten, sondern müssen es auf einen bei der Zerreissung irgend eines kleinen Theils zufällig eingetretenen günstigen Umstand zurückführen. Eine besondere Schwierigkeit pflegt man in der Aufsaugung der Fette zu finden, die unzweifelhaft durch die Darmzotten geschieht, so zwar, dass man häufig selbst die feinen Fetttröpfchen mit einem Theile ihrer Peripherie über die Wand einer Epitelealzelle hervorragend, mit der andern Hälfte schon in sie eingedrungen sieht. (Frerichs in Wagners Wörterb. III, 854). Man hält es für dunkel, dass die Chylusgefässe Fett und Eiweisslösung zugleich aufsaugen, da doch sonst eine wasserfeuchte Membran für Oel undurchdringlich sei. Wovon jedoch die Chylusgefässmembran wirklich befeuchtet sei, wissen wir so genau nicht, jedenfalls nicht von Wasser, sondern von einer der Serum ähnlichen Flüssigkeit, die den Eintritt des Fettes hier ebenso leicht, als im Zellgewebe den Austritt aus den Gefässen gestatten kann. Es ist deshalb nicht nöthig mit Vogel eine Theilung der Membran in eiweiss- und in ölaufsaugende Stellen anzunehmen, obwohl im Laufe jedes Aufsaugungsactes sich ein solches Arrangement ganz leicht einfinden mag.

225. Die weitere Fortbewegung des Chylus würde sich, unsere obige Voraussetzung zugegeben, der Saftbewegung der Pflanzen vergleichen, obwohl keineswegs ihr gleichstellen lassen. Ist einmal in der nach rückwärts impermeablen Gefässwurzel ein Stützpunkt gegeben, so kann die Anziehung eines Elementes in ihrem Innenraum leicht so viel Flüssigkeit hereinziehen, dass die Elasticität der Gefässwände zur forttreibenden Rückwirkung genöthigt wird, gerade so wie eine geschlossene Zelle sich bis zum Zerplatzen vollzusaugen fahig ist. Die Chylus- und Lymphgefässe besitzen diese elastische Contractilität in hohem Grade, während die Elasticität strotzend gefüllter Pflanzenzellen höchstens hinreicht, um aus einer Schnittfläche einigen Saft auszupressen, im Ganzen der lebenden Pflanze aber keine bewegende Kraft ausübt. Umgekehrt kann die Verdunstung, die hier den Aufstrom des Saftes

unterhält, nur sehr mittelbar in den Thieren wirken, und auch so kaum auf die Chylusgefässe. Denn sie könnte höchstens das Blut concentriren und vermindern und dadurch seine Affinität gegen den Chylus erhöhen, den seinem Uebertritt entgegenstehenden Druck dagegen mildern, zwei Vortheile von kaum einiger Erheblichkeit, wenn man die Bahnen des Chylus und die Art seines Einstroms in das Blut berücksichtigt. Viel bedeutender werden zur weitern Bewegung des Chylus allerdings jene wechselnden Drucke mitwirken, welche seine Kanäle von den zwar ungeregelten, aber sehr häufig wiederkehrenden Contractionen der Körpertheile erfahren, und denen durch die Stellung der Klappen in den Gefässen immer ein die gesetzliche Richtung des Saftes begünstigender Effect abgewonnen werden kann.

§. 22.

Mechanik der zweiten Wege.

226. Die Nothwendigkeit zweiter Wege oder eines Apparats zur Vertheilung des gewonnenen Nahrungssaftes wächst in dem Masse, in welchem die verdauende Fläche als eignes Organ sich localisirt und ihre Grösse gegen die Masse des übrigen Körpers zurücktritt. So lange jedoch der Nahrungssaft unverändert, wie ihn die Verdauung liefert, dem Wiederersatze dienen kann, ist seine Vertheilung unmittelbar durch eine Anordnung der ersten Wege möglich, die jeden Theil des Körpers den assimilirbaren Stoffen nahe genug bringt, um sich ihrer durch moleculare Anziehung zu bemächtigen. So finden sich in Polypen und Akalephen in vielfacher Form Gefässe vor, die in offner Verbindung mit der Höhle der Verdauungsorgane sich als Anhänge, Blindsäcke und Ausbeugungen derselben in verschiedene Theile des Körpers hineinerstrecken. Auch ein eigenthümlicher Bewegungsapparat zur Circulation des Saftes erscheint nicht als der einfachste denkbare Fall, nicht als ein unentbehrliches Hilfsmittel. Ist ein System verzweigter, communicirender Behälter einmal gegeben, so wird auch aus einem ruhenden Safte in ihm die anziehende Kraft jedes bedürftigen Theils ihren Ersatz schöpfen können. Die freiwillige Diffusion löslicher Stoffe durcheinander würde die Zersetzungsproducte der Körpersubstanz durch denselben Saft verbreiten, und eine membranöse Stelle von specifischer Durchgängigkeit für sie

würde hinreichen, um durch eine locale beschränkte Aussonderung die Mischung des Saftes auf einem brauchbaren Mittelzustande zu erhalten. Ganz so einfach kommt jedoch diese Einrichtung, wie es scheint, bei keinem Thiere vor, dessen Bedürfnisse einmal eine bedeutendere Verzweigung seiner Saftbehälter erfordern. Flimmernde Wimperhaare kleiden vielmehr sehr allgemein die innere Oberfläche der Kanäle bei den Thieren mit Chyluscirculation aus; ihre beständigen schwingenden Bewegungen bewirken nicht nur ein Fortrücken des Saftes nach bestimmter Richtung, sondern da die Cilien an den verschiedenen Seiten eines Gefässes oft entgegengesetzt schwingen, erregen sie gleichzeitig in demselben Kanal doppelte Strömung nach entgegengesetzten Seiten hin. Eigene Contractilität besitzen diese Gefässe nicht, nur die Zusammenziehungen des Körperparenchyms mögen eine unregelmässige Beihilfe zu der Fortbewegung des Saftes liefern.

227. Wo dagegen die Bahnen des Saftlaufes von der Höhle der Verdauungsorgane abgeschlossen sind, treten überall besondere Mechanismen auf, alle darauf berechnet, durch Anwendung von Druckkräften eine regelmässige Vertheilung der Säfte durch den Körper hervorzubringen. Sie alle entwickeln diesen Druck aus der Contractilität eigenthümlicher Elemente, die so angeordnet sind, dass sie einen früher vom Saft gefüllten Raum verengern, seinen Inhalt verdrängen, und es der rückwirkenden Elasticität der übrigen Gewebtheile überlassen, den vorigen Zustand der Vertheilung wieder herbeizuführen. Nothwendig muss daher die Thätigkeit dieser Mechanismen eine periodisch abwechselnde sein, und hier erst entwickelt sich die sichtbare Unruhe des Pulsirens, die man poetischer Weise so oft als ein geheimnissvolles Merkzeichen alles Lebendigen bezeichnet hat. Anstatt dies zu sein, ist sie vielmehr die unvermeidliche Folge einer einmal gewählten mechanischen Vertriebsweise des flüssigen Bildungsmaterials. Gewiss nicht um ihrer selbst willen, oder um durch den Wechsel der Zustände, den sie herbeiführt, ideale Verhältnisse im Verborgenen auszudrücken, hat die Natur einer beständigen unmerklichen Erneuerung diese stürmischere Wellenbewegung vorgezogen, deren Gefahren uns im Leben weit öfter merklich zu werden pflegen, als die Gründe ihrer Unentbehrlichkeit. Die steigende

Menge anderer Zwecke, welche die höheren Organisationen als ihre eigentliche Lebensaufgabe verfolgen, setzt der Erhaltung und dem Wiederersatze ihrer Substrate stets wachsende Schwierigkeiten entgegen. So wie die Bedürfnisse des menschlichen Daseins nur in sehr einfachen Zuständen eine Befriedigung durch die Handarbeit des Einzelnen gestatten, in reicher ausgebildeten Verhältnissen dagegen stets die Mitwirkung der Maschinenthätigkeit verlangen, so kann auch die organisirende Natur die Aufgaben der Erhaltung nur bei den einfachsten Wesen unmittelbar durch die Wirkung der Grundkräfte, durch die moleculare Anziehung der Elemente auf einander bestreiten; je höher wir im Thierreich aufsteigen, desto mehr nähert sich der Körper dem Baue der Maschinen, desto mehr tritt die Anwendung derselben Instrumente hervor, die wir in diesen benutzen; die Druckkraft, der luftleere Raum, Klappenapparate, Zugseile, Hebel, mannigfache Schraubenformen der Gelenke bilden die Hilfsmittel, deren die Natur sich hier bedient. Eine genauere vergleichende Physiologie, als wir sie bisher besitzen, würde unstreitig nachweisen können, dass in jedem Geschöpfe dieser Maschinenapparat sich so weit steigert, als es seine Bedürfnisse verlangen; auch für das Gefässsystem gibt es kein Ideal der Bildung, dem die eine Einrichtung sich mehr näherte, als die andere, und eine verwickeltere Form der Circulation ist nicht eine vollkommnere an sich, sondern nur eine Andeutung grösserer Schwierigkeiten, die zu überwinden waren.

228. Die Anwendungsweise der Druckkraft und der Bau des contractilen Organs, von dem sie ausgeht, ist daher in der Thierreihe verschieden genug, doch nähern beide sich bald dem festen Typus, den sie in den Wirbelthieren nicht wieder verlassen. Es könnte für die Bedürfnisse eines einfachen Organismus hinreichend scheinen, wenn einer in seinem Innern befindlichen Saftmasse überhaupt nur ein Stoss mitgetheilt würde, der sie ohne bestimmte Richtung nach aussen in die Zwischenräume der Organe drängte. Zurückzukehren würde der Saft ohnehin durch den allseitigen elastischen Gegendruck des Leibes gezwungen, dessen Grenzen er nicht verlassen könnte. Kein Gefässsystem ist hierzu nothwendig; ein einziger Ringmuskel, um eine saftführende offene Blase gespannt, würde der Flüssigkeit einen Stoss beibringen können, der sie bald auf demselben Wege hin und her

oscilliren liesse, bald auf verschiedenen, je nachdem Bewegungen des Körpers oder andere Lagenveränderungen seiner Theile einzelne gangbare Zwischenräume verschlossen oder freiliessen. Geschähen die Zusammenziehungen eines solchen Schlauches bei länglicher Gestalt peristaltisch fortschreitend, so würde auch ohne einen Klappenapparat dies schon hinreichen, den Austritt des Saftes überwiegend nach einer Seite zu lenken, von der andern den rückkehrenden Strom aufzunehmen. Vielleicht stimmt hiermit der Kreislauf der Ascidien und Salpen überein, bei denen durch fortschreitende Contraction eines schlauchförmigen Organs der Saft in wandlose Bahnen, Zwischenräume der Körpertheile getrieben wird, die Richtung seiner Bewegung aber zuweilen plötzlich ändert, indem jene peristaltische Contraction zu einer antiperistaltischen sich umkehrt. Die völlige Sicherung einer bestimmten Richtung des Kreislaufs wird erst durch einen Klappenapparat gegeben, der während der Zusammenziehung des Centralorgans den Rücktritt der Säfte hindert, dagegen vor dem aus der Circulation zurückkehrenden Strome sich wieder öffnet. So finden wir die Verhältnisse bei den Insecten. Unter der Bedeckung des Rückens liegt das längliche in mehrere hinter einander gelegene und unter sich communicirende Kammern getheilte Organ, das durch eine von hinten nach vorn fortschreitende Zusammenziehung das Blut in eine kurze Aorta treibt, aus deren offner Mündung es sich in die Zwischenräume des Körpers ergiesst, bis in die Antennen, Füsse und Flügel ohne abgeschlossene Gefässe vordringt, alle inneren Theile frei umspült und endlich in zwei Hauptströmchen gesammelt, durch besondere mit Klappen verschliessbare Seitenöffnungen in das Centralgefäss zurücktritt.

229. Warum bei den Insecten diese höchst unvollständige Gefässbildung sich noch findet, obgleich weniger ausgebildete Thierklassen bereits ein völlig abgeschlossenes Gefässsystem besitzen, ist nicht befriedigend aufgeklärt. Die eigenthümliche Respirationsweise dieser Thiere durch Tracheen, welche fein verzweigt ihren ganzen Körper durchdringen, eine Anordnung, in der man eine Beziehung zu dieser Gefässbildung zu finden scheint, könnte wohl einen Kreislauf überhaupt unnöthig, für einen bestehenden aber die Gefässwandungen nicht überflüssiger machen. Denn da die Vertheilungsbewegung des Blutes hauptsächlich des-

halb nothwendig ist, damit es an localen Secretionsorganen vollständig vorübergeführt werde, da ferner die wichtigste dieser Secretionen die Ausstossung der Kohlensäure ist, so würde bei einer den ganzen Körper durchdringenden Respiration der Blutsaft ruhen können, ohne dass seiner Benutzbarkeit bedeutend Eintrag geschehe. Wir kennen deshalb die wahren Gründe dieses Gefässmangels nicht; allein wir müssen bedenken, dass überhaupt die Voraussetzung, ein geschlossenes Gefässsystem gehöre zur normalen Circulation, nur ein Vorurtheil ist, an das uns die vorwiegende Beobachtung der uns näher stehenden Thierklassen gewöhnt hat. Die einzige Bestimmung des Kreislaufs in Bezug auf die ernährungsbedürftigen Theile ist diese, ihnen das Ernährungsmaterial so weit anzunähern, dass sie durch moleculare Kräfte es sich vollends aneignen können. Wo eine solche Vertheilung ohne Gefässe erreichbar ist, würden Gefässe nicht nur zwecklos, sondern zweckwidrige Hemmungen der Bewegung sein. Die grösseren Dimensionen der höhern Thiere können nun leicht verbieten, was die kleineren der Insecten gestatten. Ein Muskel eines Säugethieres kann nicht durch Umspülung ernährt werden; der grösste Muskel eines Insects dagegen würde in seiner ganzen Dicke sich im Bereich der Tiefe befinden, bis zu welcher durch Enosmese leicht der flüssige Ersatz durchdringt. Die Gefässlosigkeit würde daher nur dieses natürlichste Verhalten darstellen, dass das wirksame Blut möglichst ohne alle Zwischenwände mit den bedürftigen Theilen verkehrte; geschlossene Gefässsysteme dagegen würden nicht die vollkommnere Einrichtung an sich, sondern nur eine zusammengesetztere Form sein, welche wegen wachsender Schwierigkeiten der Blutlauf bei höheren Thieren nöthig macht.

230. Auch bei den Wirbelthieren zeigt die Anordnung des Gefässsystems einige besonders durch die steigende Wichtigkeit der Respiration veranlasste Verschiedenheiten; die allgemeine Mechanik des Kreislaufs jedoch folgt durchaus demselben Typus. Ueberall ist das Gefässsystem vollkommen geschlossen, sowohl gegen die Verdauungsorgane, als gegen das Parenchym des Körpers; überall geht der erste Anstoss der Bewegung von der Muskelkraft weniger beschränkter Stellen des Gefässsystems aus, dessen übrige Ausdehnung durch physische Elasticität den Blutstrom befördert und durch eine langsam wirkende organische Contracti-

lität modificiren kann; überall endlich ist die Richtung des Stroms durch Klappen bestimmt und die arteriöse Bahn geht durch das Zwischennetz der Harngefässe ununterbrochen in die venöse über. Die Kraft, durch welche die Bewegung des Bluts ausreichend veranlasst wird, anderswo als in der Contraction des Herzens zu suchen, besteht kein irgend überredender Grund; nur die krankhaften Gelüste, phantastischen Voraussetzungen über die Natur lebendiger Thätigkeiten Geltung zu verschaffen, konnten zu Versuchen verleiten, theils überhaupt die Gegenwart mechanischer Bewegungsursachen zu leugnen, theils besonders der zu roh erscheinenden Druckkraft des Herzens andere feinere, aber unzulängliche oder unmögliche Mechanismen zu substituiren. Nach der ausführlichen und eindringlichen Kritik, die Volkmann noch einmal über diese Bestrebungen gegeben hat (Die Hämodynamik 1850. S. 292 ff.), scheint es Zeit, ihre Erörterung nicht länger als einen beständigen Ballast der Wissenschaft mitzuführen, sondern von der durch alle Thatsachen erwiesenen Voraussetzung auszugehen, dass die Kraft des sich contrahirenden Herzens allein die genügende Ursache der Blutbewegung sei, neben der zwar zahlreiche Umstände auf Grösse, Rhythmus und Richtung derselben einwirken, ohne jedoch die Bewegung selbst erzeugen zu können.

231. Der Stoss, den das Herz durch seine Zusammenziehung dem in ihm befindlichen Blute mittheilt, ist bedeutend genug, um es in einem springenden Strahle in einen nicht widerstehenden Raum zu entleeren. Aber diese Form einer Wurfbewegung ist völlig unbenutzbar für die Zwecke der Circulation. Sie geht daher sofort zu Grunde, indem das Blut aus dem Herzen tretend die Gefässe vor sich stets bereits angefüllt findet, und deshalb die Geschwindigkeit seines Austrittes zur Verdrängung dieser widerstehenden Füllung verwenden muss. Die elastische Nachgiebigkeit der Arterien erspart dem Herzen die Aufgabe, Raum für das entleerte Blut durch eine angemessene Verschiebung der ganzen Blutmasse des Gefässsystems zu erzwingen; die Anfänge der grossen Gefässe erweitern sich vor dem Platz suchenden Blute und selbst die geringere schiebende Wirkung, die es auf die schon vorhandene Füllung der Gefässe ausübt, wird durch die Ausweichung erleichtert, die auch dieser die elastische Erwei-

terung der folgenden Gefässstrecken gestattet. Nach Beendigung der Systole verschliessen die Klappen des Herzens dem ausgetretenen Blute den Rückweg, und dem elastischen Gegendrucke der Arterien bleibt es überlassen, die ihnen aufgezwungene stärkere und ungleichförmige Anfüllung durch weitere Vertheilung des Blutes auszugleichen. Stellen wir uns das Gefässsystem als einen geschlossenen, gefüllten Ring vor, dessen eine Hälfte dem venösen, die andere dem arteriösen Gebiet entspricht, so besteht die Leistung des Herzens darin, periodisch aus dem venösen Halbringe eine Quantität Blut aufzunehmen und sie in den arteriösen überzudrängen, durch diese Dislocation aber ein beständiges Ungleichgewicht des Druckes in beiden Hälften hervorzubringen, das zu einer ebenso beständigen Ursache ausgleichender Bewegungen werden muss. Aus diesem Ungleichgewicht und aus dem Baue der communicirenden Kanäle, in denen es stattfindet, müssen sich unter Berücksichtigung seiner periodischen Wiedererzeugung durch die Kraft des Herzens die constanten Erscheinungen des regelmässigen Blutlaufs ableiten lassen.

232. Flösse das Blut in starren Röhren, so würde seine Bewegung eine stossweis erfolgende Fortschiebung sein; besässe es zugleich die Zusammendrückbarkeit eines Gases, so würden an die Stelle der Fortschiebung Verdichtungswellen treten, die mit grosser Geschwindigkeit sich durch das Gefässsystem verbreiteten. In dem wirklichen Blutlaufe kommt eine entgegengesetzte Combination von Umständen vor, Incompressibilität des Inhalts mit elastischer Erweiterungsfähigkeit des Kanals. Durch den schnellen Eintritt einer neuen Blutmenge wird während der Systole der Anfangstheil des Arteriensystems in seinem Querschnitt wie in seiner Länge plötzlich ausgedehnt; seine Elasticität bestrebt sich sofort, die übermässige Spannung durch Entleerung der eingedrungenen Blutmenge in die folgenden Gefässstrecken auszugleichen; so erweitern sich diese, während jener sich wieder verengt. Aus der Wiederholung dieses Processes zwischen je zwei sich folgenden Abschnitten des Kanales entsteht eine fortschreitende Welle der Ausdehnung und Wiederverengerung, die unter der Gestalt des Pulses ungefähr in dem sechsten Theil einer Secunde vom Herzen ab sich bis über die feinsten Arterienzweige verbreitet. Die Bedingungen dieser Wellenbewegung des Gefässes

sind etwas abweichend von denen, die man bei ähnlichen Phänomenen anderswo bemerkt. Vergleichen wir die Arterie mit einer gespannten Saite, so ist es ihre äussere Befestigungsweise im Körper nicht, die ihr den nöthigen Spannungsgrad ertheilte, um durch Lagenveränderungen eines ihrer Abschnitte zu weiterschreitenden Wellen befähigt zu sein; an die Stelle des Gewichts, welches die Saite auszudehnen strebt, tritt hier die beständige Anfüllung des Gefässes mit Blut, durch die es von innen heraus auf eine formell sehr abweichende, mechanisch jedoch gleich geltende Weise in einen hinlänglichen Grad der Anspannung versetzt wird. Für sich allein bewirkt diese Füllung, wenn die Arterie gegen die Capillaren geschlossen gedacht wird, keine, wenn offen, nur eine stetige Bewegung des Abflusses; wird jedoch durch die Systole des Herzens der Anfang des Gefässes plötzlich überfüllt, so sind alle Bedingungen zu einer fortschreitenden Welle gegeben, in der jeder Punkt der Arterienwand nach einer transversalen und einer longitudinalen Ablenkung an seinen früheren Ort zurückkehrt. Vergleichen wir die Bewegung des Gefässes mit der Welle, die auf einer freien Wasseroberfläche sich verbreitet, so ist es dort die Schwere gehobener Wassertheilchen, die bei dem Zurücksinken derselben in die Fläche durch seitliche Verschiebung der unterliegenden Theilchen die Erhebung der umgebenden bedingt; hier ist es die elastische Zusammenziehung eines Gefässabschnitts, die vermöge des Blutes, das sie aus ihm verdrängt, die Erweiterung des zunächstfolgenden herbeiführt. Die Wellenbewegung des Gefässes muss sich übrigens bei dem freien Abfluss des Bluts in die Capillaren auf jene eine Excursion beschränken, da die beständige Füllung desselben der Schwingung der Wandung widersteht, der Ueberschuss der Füllung aber, der allein durch das von ihm erzeugte Ungleichgewicht der Spannung eine Oscillation bedingte, durch jenen Abfluss beseitigt wird. Auf das Blut selbst müssen natürlich die Schwingungen des Gefässes mit ihrer mechanischen Kraft zurückwirken, aber die Form der Bewegung, die sie in ihm erzeugen, lässt sich nur durch Betrachtung verschiedener mitwirkender Umstände bestimmen.

233. Die Regelmässigkeit des Blutlaufs verlangt, dass die Arterien zu demjenigen Grade der Spannung, den sie bei dem

Beginne einer Systole besassen, weder eher noch später zurückkehren, als am Beginne der nächsten Systole. Wäre dies nicht der Fall, so würde jeder folgende Herzschlag andere Bedingungen im Gefässsystem vorfinden, als der frühere. Obgleich nun der Mechanismus der Circulation für solche Störungen, wenn sie zufällig eintreten, in sich selbst eine gewisse Fähigkeit der Compensation besitzen mag, so können wir doch den gewöhnlichen Hergang nicht auf eine solche beständige Verschiebung der unterliegenden Verhältnisse basirt denken. Wir müssen deshalb annehmen, dass die Ausscheidung des durch die Systole bewirkten Füllungsüberschusses der Arterien in die Haargefässe die ganze Zeit zwischen zwei Zusammenziehungen des Herzens in Anspruch nimmt; sie kann dagegen nicht in der kürzeren Zeit beendigt sein, welche die Pulswelle bedarf, um sich vom Herzen bis an die Grenzen des Capillarsystems, wo sie unmerkbar wird, zu verbreiten. In der Pulswelle kann daher nicht jener durch den Herzschlag verursachte Blutzuwachs, durch die Elasticität der Arterie getrieben, als erhobene Welle über die beständige Blutsäule des Gefässes mit der Geschwindigkeit der Pulsfortschreitung hinabrieseln, um sich in die Haargefässe zu verlieren. Anderseits ist gleichwohl klar, dass während des Pulses eine progressive Bewegung des Blutes stattfinden muss, und dass es nicht hinreicht, eine Blutwelle anzunehmen, deren jedes Theilchen nach Vollendung seiner Schwingung an seinen vorigen Ort zurückkehrte. Denn nur durch die fortwährende Dislocation einer Masse kann die Verengung eines Gefässabschnitts die Erweiterung des folgenden bedingen, diese Masse aber wird zuletzt in die gangbaren Capillaren übergedrängt, und dadurch die Bildung einer rückkehrenden Welle verhindert, durch welche alle Theilchen ihren vorigen Ort wieder einnehmen könnten. Es folgt daraus, dass der Puls allerdings das Zeichen einer fortschreitenden Bewegung des Bluts in den Arterien ist, aber nicht einer so beträchtlichen, dass durch sie allein der Zuwachs ihrer Füllung durch eine Systole völlig ausgeglichen würde, natürlich noch viel weniger einer solchen Bewegung, durch die ein und dasselbe Bluttheilchen den Weg vom Herzen bis zu den Haargefässen mit der Geschwindigkeit der Pulsfortschreitung zurücklegte. Was nun wirklich hier geschieht, lässt sich auf andere Weise deutlich machen.

234. Denken wir uns beim Eintritt einer Systole das Arteriensystem in einem Zustande gleichmässiger Anspannung und zugleich gegen das Haargefässnetz abgeschlossen, so wird die plötzliche Ausdehnung seines Anfangs durch das eingetriebene Herzblut sich dem Spannungsgrade der Häute entsprechend, durch Vertheilung dieses Ueberschusses auf die ganze Länge der Gefässe ausgleichen. Am Ende dieses zwar raschen aber nicht augenblicklichen Processes würde sich das ganze Arteriensystem wieder in einem gleichmässigen, aber wegen des erhaltenen Füllungszuwachses in einem grösseren Grade der Anspannung befinden, als vorher. Wird jetzt der Verschluss der Arterien gegen die Haargefässe aufgehoben, so beginnt nun die zweite Arbeit der Wegschaffung dieses Zuwachses, der nun durch die stetig wirkende Elasticität der Arterien in das Capillargefässnetz übergetrieben wird. Die erste Wirkung, die Herstellung der Gleichförmigkeit des Druckes, vergleichen wir dem Pulse, die zweite, die Herstellung des früheren Druckmasses, der Thätigkeit der Arterien während der Diastole des Herzens. Beide fallen freilich im wirklichen Kreislauf nicht so scharf auseinander, da keine Abschliessung der Arterien gegen die Capillaren stattfindet; gleichwohl erfährt das Blut in den feinen Kanälen der letztern Widerstände genug, um ihre Summe als einen auf viele Punkte vertheilten unvollständigen Verschluss betrachten zu lassen, dessen Wirkung merklich wird, wenn er mit einer Geschwindigkeit gleich der der Pulsfortschreitung überwunden werden soll. Obwohl daher die Wiederherstellung der gleichen Spannung in den Arterien stets zugleich mit ihrer Abspannung durch den Abfluss des Ueberschusses erfolgt, so fallen doch beide nicht völlig zusammen, die letzte dauert vielmehr noch fort, nachdem der Versuch zur ersten, der Puls, bereits vorübergegangen ist. Während des Pulses findet daher eine progressive Bewegung des Blutes allerdings statt, aber sie ist nicht von der Bedeutung, dass durch sie der gesammte Füllungszuwachs durch die Systole das Gebiet des Arteriensystems verliesse; sie ist vielmehr nur darauf berechnet, das bedeutende Ungleichgewicht der Füllung wieder aufzuheben, welches die momentane Thätigkeit des Herzens innerhalb des Systems selbst erzeugt hat.

235. Auch dazu jedoch reicht der Puls nicht einmal hin.

Der erste Abschnitt der Aorta hat in dem Augenblicke, wo er über der eingetretenen Blutmasse sich zusammenzieht, einen Stützpunkt an den geschlossenen Klappen, die den Rücktritt des Blutes verhindern. Seine Wirkung kann daher nur in der Erweiterung der nächsten vom Herzen abwärts gelegenen Gefässstelle bestehen. Aber jede dieser folgenden Stellen entbehrt ihrerseits dieses Stützpunktes und muss bei ihrer Wiederverengerung das Blut ebensowohl nach dem Herzen als von ihm abwärts zu pressen suchen. Allerdings findet sie im Momente ihrer Contraction nach dem Herzen zu grösseren Widerstand, als von ihm ab; denn dorthin findet der Druck des Blutes keinen Ausweg, während hier der beständige Abfluss in die Capillaren ihn mindert; dort ist ferner der vorangehende Gefässabschnitt noch in der Bewegung der Verengerung begriffen, während der folgende sich nur in dem Grade der ruhigen Spannung befindet, den ihm seine Füllung auferlegt. Dennoch reichen diese Begünstigungen kaum hin, um den Erfolg dieses Rückdrucks gegen das Herz ganz zu verhüten, und die Vertheilung des Bluts in der kurzen Zeit der Pulswelle völlig gleichförmig in der Arterie herzustellen; ihre Anfangsabschnitte scheinen vielmehr überfüllt zu bleiben im Vergleich mit ihrem weiteren Verlauf. Scheiden wir übrigens jene beiden Aufgaben, die Herstellung des gleichförmigen und die des früheren Druckes, so ist klar, dass selbst bei verschlossenem Arteriensystem die Grösse der Pulswelle in ihrem Fortschreiten abnehmen muss. Denn sie wird nicht dadurch hervorgebracht, dass dieselbe Blutmenge, die aus dem Herzen trat, als eine beisammenbleibende Welle über die beständige Füllung hinrollt, sondern dadurch, dass sie sich bis zu gleicher Spannung der Häute auf das ganze System vertheilt; fortschreitend lässt sie daher in jedem Augenblick einen Theil der Masse zurück, auf deren Vorwärtsbewegung die Erweiterung der Gefässe überhaupt beruht. Diese nothwendige Verminderung der Pulswelle wird durch die Verzweigungen der Arterien beschleunigt, die dem bewegten Blut grössere Kanalräume darbieten, als die Stämme, so wie durch die Zeit selbst, welche die Welle bedarf, um über das Arteriensystem sich zu verbreiten. Denn sie langt in Folge dessen in den Haargefässen erst in einem Augenblicke an, wo der Erweiterung, die sie hier hervorbringen möchte, keine Wiederveren-

gerung mehr folgen kann, weil unterdessen die stetige elastische Zusammenziehung der Arterien ihren Einfluss äussert und während der Diastole eine gleiche Anfüllung der Haargefässe unterhält. Man findet daher in diesen unter den gewöhnlichen normalen Umständen keine Spur einer pulsirenden Bewegung.

236. Auch in einem einfachen Ringgefässe ohne ungleiche Widerstände würde die zur Herstellung des gleichen Druckes nöthige Vertheilung eines plötzlich eingeführten Füllungszuwachses nicht augenblicklich, sondern im Verlauf einer gewissen Zeit erfolgen; im Momente der Systole der contractilen Stelle würde der Druck am Anfange des arteriösen Halbrings beträchtlich höher sein, als am Ende des venösen. Die Herstellung des Gleichgewichts geschieht um so langsamer, je grössere Widerstände die Vertheilung der Flüssigkeit zwischen beiden Endpunkten erfährt. Im Gefässsystem ist der venöse Halbkreis mit dem arteriösen durch das Zwischennetz der feinen Haargefässe verbunden, das mit seiner ausserordentlich grossen Oberfläche dem Fortgleiten des Bluts alle Hindernisse entgegensetzt, welche Flüssigkeiten bei ihrer Bewegung längs fester Körper zu überwinden haben. Der Druck, welcher das Blut in dem einfachen Kanale einer grössern Arterie durch eine gewisse Bahnstrecke bewegt haben würde, vermag nicht, es mit gleicher Geschwindigkeit durch jene verengerten Röhren zu drängen. Am freien Abfluss verhindert, durch Zufluss vom Herzen gewaltsam vermehrt, erweitert daher das Blut die elastischen Wandungen der Arterien und erhöht ihre Spannung. Längere Zeit würde es bedürfen, bis dieser höhere Druck mittelst der Vertheilung des Bluts durch die Haargefässe sich mit dem geringeren in dem venösen Halbringe ausgleichen könnte. Aber die Zusammenziehungen des Herzens folgen sich zu rasch, um dies überhaupt zu gestatten, und beständig befindet sich das Blut in den Arterien unter einem weit stärkeren Drucke, als es in den Venen erleidet. Wäre selbst in irgend einem Augenblicke die Vertheilung des Blutes so weit gediehen, dass es hier wie dort gleichen Druck erlitte, so würde sich doch dies Gleichgewicht nicht erhalten können. Denn der gesteigerte Druck der Venen fände vor sich die unwiderstehenden Räume der Herzhöhlen, der verminderte der Arterien den Widerstand der Haargefässe. Sogleich würden die Venen eine grössere Blut-

menge in das Herz, durch dieses in die Arterien treiben, die hierdurch bei ihrem geringen Füllungsgrade nicht bis zu einer hinreichenden Spannung ausgedehnt würden, um diesen Zuwachs gleich schnell in die Haargefässe überzuzwingen. Eine Zeit lang würde Anfüllung und Druck in ihnen wachsen, beides in den Venen abnehmen; allmählich jedoch würde die Spannung der Arterien hinreichend gewachsen sein, um gleich viel Blut, als sie in gleicher Zeit vom Herzen erhalten, durch die Capillaren zum Abfluss zu bringen; und von da ab würde wieder Gleichgewicht im Fortgange des Kreislaufs herrschen, mit grösserem Druck in den Arterien als in den Venen.

237. Die Wirkungen, welche diese bewegungserzeugende Ungleichförmigkeit auf das Blut ausübt, bestehen zunächst in der Vertheilung des Blutes und der Geschwindigkeit seines Laufs. Um beide beurtheilen zu können, müssen wir zuerst der Form gedenken, in welcher die Blutbewegung vor sich geht. Sie ist, wenn wir sie auf ein und dasselbe bewegte Element, z. B. ein Blutkörperchen, beziehen, weder immer noch überall von derselben Gestalt. Allerdings lassen sich nur die Vorgänge des Capillarkreislaufs unmittelbar an durchsichtigen Theilen des Thierkörpers beobachten, doch lässt sich das Fehlende durch Schlüsse ergänzen. Bei dem Austritte des Blutes aus dem Herzen in die gefüllte Aorta müssen unregelmässige Bewegungen vorkommen; ein Theil des Blutes wird momentan aufgestaut und ruht, andere Theile werden progressiv fortgeschoben, andere transversal gegen die zurückweichenden Wandungen gedrängt, einige endlich werden durch den Druck der Aorta rückwärts gegen die Klappen geschoben. Aehnliche Vorgänge müssen überall in freilich viel geringerem Grade statt haben, wo die plötzliche Erweiterung oder Verengerung des Strombetts durch Theilung oder Zusammensetzung der Kanäle eine Umformung der Blutsäule, dort in einen breitern und kürzern, hier in einen schmäleren und längeren Cylinder verlangt; nicht minder an jeder Stelle des Gefässes in dem Momente, wo sie von der Pulswelle berührt wird. Doch setzen sich alle diese verschiedenartigen Bewegungen in den Arterien, deren seitlicher Wandungsdruck stets in gleichem Sinne wirkend alle andern Einflüsse überbietet, bald zu einem einfachen stetigen Strome zusammen, in welchem alle Theilchen die-

selbe Richtung, und wenigstens nahe der Axe des Gefässes auch gleiche Geschwindigkeit haben. Viel grösseren Abweichungen unterliegt dagegen der Lauf der Blutelemente in den Haargefässen, wo zahlreiche Anastomosen jedem einzelnen Theilchen sehr verschiedene Wege freistellen, deren Auswahl von wandelbaren Nebenumständen abhängt. Obgleich daher der Blutstrom im Ganzen den bestimmten Weg durch Arterien, Haargefässe und Venen bis zum Herzen zurück ohne Abweichung durchläuft, so durchmessen doch seine einzelnen Elemente diese Bahn weder stets vollständig noch stets in demselben Sinne. Nicht nur schwankende und rückläufige Bewegungen können vorkommen, sondern die Verbindungen, welche zwischen verschiedenen Zweigen der Gefässe theils sporadisch, theils in einzelnen Organen mit grosser Consequenz stattfinden, würden selbst die physikalische Möglichkeit übrig lassen, dass ein Blutelement während der ganzen Dauer seines Bestehens nie in das Herz zurückgelangte, sondern sich stets in kleineren Bahnen neben dem Hauptstrome umtriebe.

238. Auf die Menge des Blutes, die jedem Organe zukommen soll und auf die Schnelligkeit seines Laufs kann das Herz keinen unmittelbaren Einfluss äussern. Denn obwohl es seiner eignen Anfüllung durch die Systole eine gewisse Geschwindigkeit ertheilt, so kommt es doch auf die Gesammtmasse des Blutes überhaupt, und auf die Widerstände, welche der Bau der Kanäle darbietet, an, welche Geschwindigkeit durch diesen Stoss dem Blute im Ganzen mitgetheilt werden soll. Zahlreiche Untersuchungen, die von verschiedenen Standpunkten ausgehen (Volkmann, Hämodynamik S. 181 ff.), vereinigen sich zu dem Resultat, dass ein Blutelement, das sich augenblicklich am Anfange der Aorta befindet, kaum mehr als eine Minute bedarf, um auch nach Durchlaufung der längsten Gefässbahn am Vorhof des Herzens wieder zu erscheinen. Diese rasche Bewegung unterliegt freilich in verschiedenen Zeiten vielen Abänderungen, auch haben weder alle Elemente die gleiche, noch jedes im Verlaufe seines ganzen Weges dieselbe Geschwindigkeit. Die progressive Bewegung geschieht am schnellsten und gleichförmigsten für alle Theile in der mittlern und letzten Strecke des Arteriensystems, während in der Aorta die bedeutenden und mannigfaltigen Stauungen am Eingang der grössten Gefässstämme unregelmässige

Bahnen der meisten Elemente hervorbringen müssen. In den Haargefässen nimmt die Geschwindigkeit der Strömung in auffallendem Grade ab, sie steigert sich allmählich wieder in den grösseren Venenstämmen. Die bedingenden physikalischen Umstände dieses Wechsels liegen hauptsächlich in dem Bau des Gefässsystems. In einer starren Röhre von gleicher Weite muss die Stromgeschwindigkeit überall gleich sein, da nicht mehr zufliessen kann, als abfliesst, und bei hinreichendem Drucke nicht mehr abfliesst, als wieder ersetzt wird; nur der Druck der Flüssigkeit auf die Wandung wird der Einflussmündung zu höher sein, als nahe dem Ausfluss. Würde der einfache Kanal von einer gewissen Stelle ab durch eine Mehrzahl von engeren Röhren ersetzt, deren Gesammtquerschnitt dem des einfachen Gefässes gliche, so würde hierdurch die widerstanderzeugende Oberfläche vermehrt, die Geschwindigkeit des ganzen Stroms verzögert, der Druck auf die Wandung erhöht. Ist dagegen der Gesammtquerschnitt der kleineren Röhren dem der einfachen grösseren so bedeutend überlegen, wie dies schon bei der Theilung der grössern, noch viel mehr bei der der kleinern Blutgefässe stattfindet, so kann auch diese Vermehrung des Abflussraumes die Vergrösserung des Oberflächenwiderstandes ausgleichen, ja selbst übertreffen, und der Arterienstrom würde sich durch die Summe der immerhin sehr feinen Haargefässe im ersten Falle mit gleicher, im zweiten selbst mit grösserer Geschwindigkeit bewegen können, als mit welcher er in einem einfachen Gefässe fortgegangen sein würde. Keiner von beiden Fällen scheint übrigens im thierischen Gefässsystem einzutreten; die grosse Raumvermehrung des Capillarsystems mindert nur den Zuwachs des Widerstandes, der aus der Vergrösserung der Oberflächen folgen würde. Dagegen bedingt sie nothwendig ein langsameres Fliessen des Blutes als in den Arterien. Denn jeder Blutcylinder, der eine gewisse Länge eines grössern Gefässes füllt, verwandelt sich bei seinem Uebergang in die Haargefässe in eine Anzahl Cylinder von geringerer Länge, weil die Summe ihrer Basen sich vergrössert hat; jedes Element, das in bestimmter Zeit in dem grösseren Gefässe um die Länge des grösseren Cylinders fortrückte, rückt in dem Haargefässe in gleicher Zeit um die geringere Länge des verkürzten fort. Sobald umgekehrt die vielen kurzen Blutsäulchen der Haargefässe

sich in eine Vene von engerem Querschnitt sammeln, als der ihrer Gesammtheit war, formen sie sich in eine Säule von grösserer Länge um, und gewinnen eine dieser Verlängerung entsprechende Vermehrung der Geschwindigkeit.

239. Die Menge des Blutes, die irgend einem Organe immer neu zugeführt wird, hängt von der Anzahl und der Weite der zuleitenden Kanäle ab; die Zeit, während welcher das Blut in Wechselwirkung mit den Theilen des Organs stehen kann, oder die Geschwindigkeit seines Vorüberflusses richtet sich, so wie im Körper überhaupt, so auch in seinen einzelnen Gebieten nach der Art der Verzweigung der Kanäle. Viele zuleitende Arterien, die in eine grosse Anzahl nebeneinanderliegender aber kurzer Haargefässe sich spalten und schnell in Venen übergehen, können einen grossen und schnell wechselnden Blutreichthum des Organs erzeugen. Langsamkeit des Vorüberflusses dagegen, die für manche Wechselwirkung zwischen Organ und Blut ebenso nothwendig sein kann, als in andern Fällen die öftere Erneuerung des wirkenden Materials, lässt sich leicht durch geringere Weite und Anzahl der Zuleitungskanäle und durch Zerfallen derselben in sehr viele, verhältnissmässig sehr weite Haargefässe herstellen. Noch langsamer wird die Bewegung stattfinden, wo die Zuleitung selbst nicht aus dem Arteriensystem, sondern wie in der Leber durch ein venöses Gefäss erfolgt, oder wo das Blut aus einem Haargefässnetz gesammelt sich in ein zweites wieder auszubreiten hat. Die leicht möglichen Störungen, denen ein so langsamer Blutlauf ausgesetzt ist, beseitigt die Natur durch zahlreiche Anastomosen auch zwischen grösseren Gefässen, die bei der Verschliessung einer Bahn Abzug durch eine andere gewähren. Finden wir nun dergleichen besondere Eigenthümlichkeiten des Gefässbaues, obgleich wir sie keineswegs überall zu deuten verstehn, doch natürlich in den Organen, denen besondere Verrichtungen der Assimilation oder Secretion zugetheilt sind, so würde es uns dagegen unzweckmässig scheinen, wenn die verschiedene räumliche Lage übrigens analoger Theile einen Einfluss auf ihren Blutzufluss oder die Geschwindigkeit seiner Erneuerung äusserte. Man hat gemeint, dass durch einen dem Herzen näheren Theil das Blut mit grösserer Schnelligkeit und deshalb öfter erneuert strome, als durch die entlegensten Theile der Glieder, zu denen Weg

und Rückweg bedeutend länger ist. Volkmann widerlegt dies sehr richtig durch die Betrachtung, dass bei der Geschwindigkeit des Stroms in den Arterien die Verschiedenheit der Weglänge von wenig Einfluss ist und überdies durch den Widerstand der meist grösseren Enge kürzerer Blutbahnen ausgeglichen werden kann, während der Durchgang durch die Haargefässe in entlegenen Theilen keine grössere Zeit bedarf, als näher am Herzen.

240. Der gegenwärtige Zustand der Hämodynamik erlaubt uns, diese Uebersicht hier zu schliessen. Es fehlt nicht an einer grossen Summe merkwürdiger Thatsachen, die ausser den erwähnten durch Versuch und Beobachtung ermittelt sind. Allein während die Grundbegriffe der Dynamik des Flüssigen überhaupt noch mancher wünschenswerthen Verbesserung entgegen sehen, ist ihre Anwendung auf den Blutlauf theils zwar ebenfalls noch sehr mangelhaft, theils aber den Bedürfnissen der Physiologie voraus. Viele Resultate nämlich, die wir bereits als feststehend betrachten können, erscheinen uns nur als physisch nothwendige, ohne dass wir ihren Zweck, ihre organischen Wirkungen oder ihre Benutzung für die Aufgaben des Lebens verstehen. Die allgemeine Physiologie hat daher an den feineren Vergleichungen des Druckes, der Geschwindigkeit, der Wellenbewegung und vieler andern Phänomene, die sich an verschiedenen Abschnitten des Gefässsystems wahrnehmen lassen, bis jetzt kein Interesse. Denn nicht darauf kommt es an, den Blutlauf bis in seine kleinsten Einzelheiten als Beispiel hydrodynamischer Gesetze darzustellen, sondern darauf, zu zeigen, wie dies hydrodynamische System bis in seine kleinsten Einzelheiten organisch zweckmässig benutzt ist. Nun betrachte man aber die kegelformige Gestalt des Herzens, den Verlauf seiner Muskelfasern, seine sonderbare Lage, welche sogleich bei dem Austritte des Blutes aus ihm die starke Krümmung des Aortenbogens nöthig macht, die Thatsache ferner, dass die Blutsäule vom Herzen zuerst schief nach oben gedrängt wird, um ihrem grössten Theile nach wenige Zoll weiter entfernt, in der Aorta senkrecht nach unten zu strömen, und man wird an diesem einzigen Organe so viele physiologische Räthsel finden, dass gegen sie alle bisherigen feineren Anwendungen hydrodynamischer Principien als nutzlos verschwinden.

§. 23.

Mechanik der Assimilation und Secretion.

241. Von den Zwecken der Circulation sind uns zwei bekannt; sie hat die Vertheilung der verdauten Stoffe zum Behuf der Assimilation, die Fortführung der zersetzten Bestandtheile an die secernirenden Organe zu bewirken. Es ist möglich, dass sie nicht nur als Vermittlerin dieser chemischen Processe, sondern auch ausserdem durch einen andersgearteten Reiz mehr mechanischer Art, den ihre Bewegung den lebensfähigen Organen mittheilt, zur Ausführung ihrer Functionen beiträgt. Allein wir wissen von einer solchen Wirkung nichts, von jenen beiden, die sie deutlich vermittelt, nur sehr wenig. Die grosse Unruhe und die Mannigfaltigkeit wechselnder Erscheinungen, die der Blutlauf selbst im Körper hervorbringt, fallen allein uns lebhaft ins Auge; was dagegen als endlicher Zweck aller dieser Bewegungen in der Substanz der Organe vorgeht, ist seinem Aussehn nach gleich sehr, als seiner Mechanik nach, uns verborgen. Die allgemeine Physiologie hat hier nur Fragen aufzuwerfen, aber bei der völligen Unklarheit des Gegenstandes wird sie selbst diese nicht sehr specialisiren können. Für unsern mechanischen Standpunkt fallen vorläufig Assimilation und Secretion als verschiedengeartete Beispiele desselben allgemeinen Processes unter eine gleiche Auffassung. In beiden sehen wir aus dem Blute einzelne Bestandtheile austreten und sich zunächst in die Substanz parenchymatöser oder doch membranöser Gewebe begeben, dort um in ihr zu bleiben und als Ersatz ihre Functionsfähigkeit zu unterhalten, hier um durch sie hindurch sich in einen offenen Raum, in die Aussenwelt zu verbreiten. Es kommt daher zunächst die Kraft in Frage, welche den Austritt aus den Gefässen überhaupt und ferner diesen specifischen Austritt vermittelt, durch welchen an verschiedenen Orten verschiedene Stoffe dem Blute entzogen werden. Der einfachste Fall ist hier der, dass die auszuscheidenden Substanzen vollkommen gebildet im Blute vorhanden sind. So verhält es sich mit dem assimilirbaren Plasma und manchen Absonderungen, während andere Secretionsproducte auf dem Wege von den Blutgefässen zu der secernirenden Oberfläche durch die Thätigkeit dazwischen liegender Substanzschichten erst gebildet oder umgebildet werden.

242. Befinden sich die auszuscheidenden Substanzen fertig gebildet und flüssig in den Gefässen, so kann ihr Austritt entweder durch eine Kraft, die a tergo drückt, oder a fronte durch eine Anziehung ausserhalb der Gefässe liegender Elemente bewirkt werden. Als eine Kraft der ersten Art bietet sich sogleich der Druck dar, welchem das Blut in den Arterien unterliegt, aus denen die absondernden Gefässe meistens entspringen. In der That hat man sehr häufig nicht nur die Capillargefässe selbst, sondern auch die secernirenden Membranen als Filtra betrachtet, durch welche der mechanische Druck des Blutes einzelne flüssige Bestandtheile hindurchpresst. Gleichwohl ist diese Ansicht nicht auf sichere Gründe gestützt. So bedeutend auch der Druck in den grösseren Arterien ist, so wissen wir doch keineswegs, ob er in dem geringeren Masse, in welchem er in den Haargefässen vorkommt, die wenn auch zarten Membranen derselben zu überwältigen im Stande ist. Die Gefässwände müssen allerdings, der allgemeinen Durchfeuchtungsfähigkeit organischer Gewebe gemäss, die wässrige Flüssigkeit des Blutes in sich einsaugen, und sobald ihrer äussern Oberfläche eine Verdunstung möglich ist, werden sie den dadurch entstehenden Verlust durch beständige Erneuerung jener Imbibition ersetzen. Auf diese Weise können dem Blute grosse Mengen von Wasser entzogen werden und es ist nicht unmöglich, obgleich wir es im Allgemeinen auch nicht als gewiss voraussetzen können, dass in diesem Falle lösliche Proteinstoffe das Wasser begleiten, die sich dann auf der Aussenwand des Gefässes als festwerdende Niederschläge ansetzen würden.

243. Unter ähnlichen Verhältnissen befinden sich nun im Körper nur etwa die Gefässe der Lungen, die unter einer unbedeutenden Bedeckungsschicht sich an einer offnen Höhle verbreiten. Gewiss ist der Druck, den das Blut in den Lungenarterien erleidet, obgleich geringer als in andern Schlagadern, doch beträchtlich grösser, als der, den es anderseits von der erwärmten Atmosphäre erfährt, welche die Lungenhöhlen ausfüllt. Dieser Vortheil für die Absonderung wird noch vermehrt durch die drohende Entstehung leerer Räume während der Inspiration; denn nothwendig muss nicht nur die äussere Luft zur Verhütung derselben heranströmen, sondern auch das Blut muss an seinem Theil durch Verdunstung von der feuchten Oberfläche der Ge-

fässe dazu beitragen. Wenn man nun überblickt, welche Absonderung unter diesen Umständen wirklich zu Stande kommt, so muss man die Wirksamkeit des Blutdrucks zur Durchschwitzung aus den Gefässen zweifelhaft, oder wenigstens viel zu unbedeutend finden, um in anderen Geweben deren einzige Ursache abzugeben. Kohlensäure allerdings wird in reichem Masse abgeschieden; aber sollte auch der Druck, dem das mit ihr übersättigte Blut unterliegt, eine Beihilfe ihrer Aushauchung gewähren, so ist doch ihre gasförmige Expansilität keine geringere, und wir haben kein Recht, hieraus auf die Kraft des Blutdrucks zu schliessen, auch andere als gasförmige Stoffe zu entleeren. Ausserdem, obgleich die selbst noch zweifelhaften Gesetze der Diffusion auf den Gastausch in den Lungen nicht unmittelbar anwendbar sind, liegt doch ohne Zweifel in dem Eintritt des Sauerstoffs ein zweites begünstigendes Moment für den Austritt der Kohlensäure; ein drittes in der gleichzeitigen Aushauchung von Wasserdampf, der als Vehikel für die Entbindung der Kohlensäure zu dienen scheint. Dagegen ist mit dieser Ausdünstung kein Austritt anderer aufgelöster Blutbestandtheile verbunden, den man doch hier, wo die Lage der Verhältnisse günstiger zu sein scheint, als anderswo, ebensowohl erwarten müsste, als im Parenchym der Organe. Nicht einmal das Wasser tritt in den Lungen so copiös aus, dass es die Aufnahmsfähigkeit der Respirationsluft übersteigend, in flüssiger Gestalt bemerklich würde, während Krankheiten allerdings diese Verhältnisse zuweilen ändern. Aber selbst die Krankheiten bestätigen es noch, dass Ruptur der Gefässe und Austritt des Bluts im Ganzen eine viel leichtere und häufigere Wirkung des Blutdruckes ist, als eine Durchschwitzung seines Serum.

244. In den anderen Absonderungsorganen kann von einer so einfachen Wirksamkeit des Blutdrucks noch weniger die Rede sein. Die Wirkung, die er hier zu leisten hätte, ist viel grösser, als man sie sich gewöhnlich vorstellt, indem man an ein Filtrum denkt, dessen Aussenseite nur der wenig widerstehenden Luft zugekehrt ist. In allen inneren Theilen sind die Haargefässe mit Flüssigkeit auch äusserlich umgeben und es ist nicht blos der Druck der äussern Atmosphäre, der durch den ganzen Körper mittelbar hindurchwirkend, dem Austritt des Bluts widersteht, son-

dern auch die Last jener flüssigen Massen, die verschoben sein wollen, so wie in einzelnen Fällen noch die grössere Spannung, in welche einzelne contractile Theile bestimmte Strecken der Gewebe versetzen. Die Oberflächen der secernirenden Membranen werden ferner durch den allgemeinen gegenseitigen Druck der Körpertheile fest aneinander angedrückt erhalten und sie öffnen sich erst vor dem andringenden Secret; kein Mechanismus der Muskelbewegung kommt ihnen, wie in den Respirationsorganen, so zu Hilfe, dass zuerst der Raum für die Absonderung erweitert und dadurch den drückenden Kräften der Gefässe der Widerstand hinweggeräumt würde. Der Austritt der Secrete müsste daher durch den geringen Kraftüberschuss bewirkt werden, der dem Druck in den Haargefässen im Vergleich mit dem äussern Atmosphärendruck und der Last der zu verschiebenden Theile zukommt. Wir halten diesen für viel zu gering, um eine blos mechanische Durchdringung der Membranen zu erzwingen. Die vorzüglichen Untersuchungen von Ludwig (neue Vers. über die Beihilfe der Nerven zu der Speichelsecretion) haben an einem Beispiele die Bestätigung dieser Ansicht geliefert. Der Druck, welchen der bei Reizung der Nerven copiös entleerte Speichel der glandula submaxillaris gegen die Quecksilbersäule eines Manometers ausübt, fand sich absolut grösser, als der gleichzeitige Druck des Blutes in der carotis, mithin noch viel mehr grösser, als der Druck in den absondernden Capillargefässen, von welchem die Secretion selbst bewirkt werden sollte.

245. Soll irgendwo ein Druck a tergo den Durchtritt der Stoffe erzwingen, so scheint es nöthig, dass durch Hinderung des Rückflusses die Spannung der Haargefässe weit über ihr gewöhnliches Mass erhöht werde. Die feste Umschnürung eines Fingers durch ein Band zeigt uns, dass der arterielle Stoss noch Kraft genug hat, um in die Haargefasse Blut zu treiben, nachdem dessen Rückfluss durch die Venen schon sehr erschwert ist; es tritt eine Spannung der ganzen Substanz ein, die nicht nur auf leicht mögliche Durchschwitzung, sondern wahrscheinlich auf eine sogleich beginnende hindeutet. Aber Structurverhältnisse dieser Art, die uns eine periodische Zusammenschnürung der zurückführenden Gefässe durch contractile Elemente zeigten, sind bisher nur höchst vereinzelt, durchaus nicht als eine allgemeine Eigenthüm-

lichkeit in dem feineren Baue der Secretionsorgane aufgefunden worden; nicht einmal eine allgemeine fibröse Hülle, die das gesammte Parenchym einer Drüse unter eine höhere Pressung versetzte, als die übrigen Körpertheile und vielleicht nur die Ausführungsgänge als Orte geringeren Widerstands übrig liesse, ist von der Natur zu diesen Zwecken verwandt. Ich möchte daher die Sache der vis a tergo für eine hoffnungslose ansehen, wenn es nicht den Fortschritten der mikroskopischen Anatomie gelingt, Structurverhältnisse aufzufinden, die ihre Unzulänglichkeit ergänzen. So würde es allerdings eine solche Abhilfe sein, wenn noch feinere Zwischennetze von Kanälen, vasa exhalantia, zwischen Blutgefässen und Ausführungsgängen sich nachweisen liessen und Bahnen des geringern Widerstandes darböten, nach welchen der Blutdruck die flüssigen Massen drängen könnte. Sie sind bisher nicht nachzuweisen gewesen, eine Thatsache, die uns freilich Schweigen auferlegt, obgleich wir die Leidenschaftlichkeit nicht theilen, mit der man oft die völlige Abgeschlossenheit des Gefässsystems als eine Art von Dogma betrachtet, als wäre es ein Fehler, den natürlichsten Gedanken einer offenen Verbindung desselben mit den Secretionsflächen auch nur vorübergehend gehegt zu haben.

246. Wenden wir uns zu der Anziehung, die a fronte die flüssigen Massen durch die Gefässe bewegen soll, so finden sich die Capillargefässe der ernährenden Secretion allerdings von andern organischen Theilen rings umgeben, aber unter nähern Umständen, welche die Wirksamkeit der oft gerühmten Affinität zwischen Parenchym und Blut in hohem Masse dunkel lassen. Wäre der ganze Körper ausgetrocknet, so glauben wir auch, dass die Anziehung des Parenchyms gegen die Flüssigkeit eines plötzlich wiederhergestellten Kreislaufs gross genug sein würde, um so lange bis der ganze Körper sich satt imbibirt hätte, das Serum des Bluts durch die Gefässe zu locken. Nun ist aber die ganze Substanz feucht, und zwar von einer Flüssigkeit durchdrungen, die mit dem austretenden Blutplasma fast identisch ist; kaum ist zu begreifen, wie das Parenchym, so gesättigt, dem Gefässsystem etwas entziehen kann. Man hat wunderlich genug die Sache wohl so angesehn, als trete das Plasma aus dem arteriellen Anfange des Capillarsystems aus, und werde von dem venösen

Ende desselben wieder aufgesogen, eine Wandelbarkeit enosmetischer Processe in dem Raume weniger Linien, die allen Glauben übersteigt. Soll Aufsaugung für neue Durchschwitzung Platz schaffen, so muss sie von andern Organen, als den Blutgefässen, sie muss von den Lymphgefässen ausgehen. Mögen die Venen durch Austausch gewisse Zersetzungsproducte, namentlich Kohlensäure aufnehmen, das überflüssige Ernährungsmaterial wird jedenfalls durch jene entfernt. Ich will nur kurz daran erinnern, dass die Mechanik dieser Aufsaugung durch die Lymphgefässe uns gänzlich unbekannt, und bei den unklaren Kenntnissen über ihren feinsten Ursprung in den Geweben ein Versuch ihrer Erklärung unmöglich ist. Aber ich muss hinzufügen, dass auch ihr Nutzen für die gegenwärtige Frage sehr zweifelhaft bleibt. Die Aufsaugung, obgleich sie Massen entfernt, kann doch nicht wie die Verdunstung wirken, sie erzeugt weder leere noch auch weniger widerstehende Räume; die Gewebtheile des Körpers berühren sich stets. Auch kann sie das Parenchym nicht austrocknen, sie kann nur so viel entfernen, als von ihm nicht festgehalten wird. Aber eben weil das Parenchym so viel Feuchtigkeit noch zurückhält, als zu seiner Sättigung nöthig ist, bleibt es unklar, wie die Wegschaffung des Ueberflüssigen eine Anziehung neuen Materials bewirken könnte. Es scheint, als könne nur ein Wechsel in den chemischen Beziehungen die Wandelbarkeit der mechanischen Anziehungen begründen. Gegen arterielles Plasma würden wir dem Parenchym eine grössere Verwandtschaft zuschreiben müssen, als gegen das venöse, worein es sich in der Substanz der Theile selbst, sei es durch ihre Functionsthätigkeit oder durch andere Umstände verwandelt. Dies venöse Plasma würde jetzt durch die Lymphgefässe zurückgeführt, obgleich die Kohlensäure selbst, das bedeutendste selbständige Product dieser Umwandlung, nicht durch sie, sondern durch das Blut wieder aufgesogen, entfernt würde. Diese Hypothese drückt im Grunde nur Thatsachen aus, aber sie ist unbefriedigend wie alle andern Vermuthungen, die man hier hegen kann. Denn sie alle hängen davon ab, welchen Grössenwerth man gewissen an sich leicht möglichen Wirksamkeiten beilegen will; dies aber ist bei unserer geringen Kenntniss der Sache sehr willkührlich.

247. In den Pflanzen ist die Verdunstung ein Hauptmotiv

des Saftlaufs. Liebig hat versucht, ihre entsprechende Wichtigkeit im Thierkörper nachzuweisen. (Ueber einige Ursachen der Säftebewegung im thier. Org. Braunschw. 1848.). Hätten die Wirkungen der Verdunstung neben den übrigen vitalen Processen wirklich die von ihm angegebene Grosse, so müsste es sehr beträchtliche Saftbewegung in der Leiche geben; sie würde unter Umständen schwitzen können, sie würde eingeriebene Salben ebenso absorbiren, wie der lebende Körper. Aber die Voraussetzungen jener Ansicht scheinen mir physikalisch nicht zulässig. Gesetzt auch, die gesammte Epidermis sei durchgängig für Wasser und ersetze das verdunstete stets durch neue Ansaugung, so entsteht doch hierdurch unterhalb der Oberfläche der verdunstenden Haut nicht jene von Liebig behauptete Differenz des Druckes (a. a. O. S. 69), so dass die äussere Luft und die Spannung der innern Körpertheile auf die zwischen diesen und der Oberhaut gelegene Region wie auf einen relativ leeren und auszufüllenden Raum wirken müssten. Denn jene Beschaffenheit der Haut, welche eine Verminderung ihres Volumens in Folge der Verdunstung nicht zulassen soll, ist eben nicht vorhanden; vielmehr ist die Haut wirklich eine zusammendrückbare, verschiebbare Substanz, und noch vielmehr das unter ihr liegende Zellgewebe. Verliert sie also durch Ausdünstung an Substanz, so würde nicht ein leerer Raum entstehen, der von innen her durch Saftzustrom erfüllt werden müsste, sondern die Haut selbst würde unter dem Drucke der Luft gerade so collabiren, wie jedes verdunstende Obst zusammenschrumpft. Dass dies nun nicht wirklich geschieht, rührt von den andern Veranstaltungen her, die hier einen beständigen Saftzustrom unterhalten, nicht von der Verdunstung selbst, die ihn erzwänge. Auch muss Liebig eigentlich selbst diese andern Ursachen voraussetzen. Denn aus den innern Theilen des Körpers könnte nichts zur Herstellung des gleichen Druckes nach aussen strömen, ohne den Druck im Innern ungleich zu machen oder dort relativ leere Räume zu erzeugen. Es verhält sich hier anders als bei den Pflanzen; bei diesen rückt aus der Gesammtmasse des Erdbodens die Flüssigkeit nach, so wie die Verdunstung fortschreitet, und die Luft der Atmosphäre füllt wieder die etwa entstehenden Lücken im Boden aus. Womit aber sollte der Thierkörper sein Inneres wieder füllen, wenn er

die Säfte aus ihm nach aussen triebe, um trotz der Verdunstung stets dasselbe Volumen einzunehmen? Die Verhältnisse sind weit verwickelter, als Liebig sie annimmt. Die Verdunstung als Ursache der Saftbewegung ist gewiss von äusserst geringem unmittelbaren Werth; mittelbar kann sie grosse Bedeutung haben, indem sie Hindernisse hinwegräumt, welche den Effect der wahren saftbewegenden Gewalten schmälern.

248. Unter den nach aussen abscheidenden Secretionen würde die Transspiration der Haut allein sich durch die Verdunstung und durch die beständige Anziehung der abtrocknenden Membran gegen die nach innen gelegene Flüssigkeit erklären lassen. Aber mancherlei Beobachtungen, namentlich pathologischer Art, machen uns bedenklich gegen die grosse Einfachheit dieser Erklärungsweise, und lassen noch unbekannte organische Nebenverhältnisse vermuthen. Für alle übrigen Secretionen gibt es bisher nur eine mechanisch befriedigende Vorstellung, nämlich die, nach welcher der eigenthümliche Inhalt der Zellen der secernirenden Membran bestimmte Bestandtheile des Bluts anzieht und theilweis chemisch umgestaltet, während später die Zellen selbst zerfallen, und die bereitete Flüssigkeit frei in einen abführenden Kanal gelangen lassen, so dass Secretion eine beständige chemische Verflüssigung der feinsten Theile des aussondernden Organs selbst sein würde. Aber ein solcher Vorgang, erkennbar etwa an den Labdrüschen des Magens, ist kaum noch bei wenigen andern Drüsen wahrscheinlich, bei keiner sicher nachgewiesen. Alle andern Versuche der Erklärung scheitern, aber nicht eigentlich, weil wir überhaupt keine Mechanik zur Herstellung der Secretion zu ersinnen wüssten, sondern weil die bisherige Anatomie der feinsten Theile gar keinen Anhalt für die wirkliche Annahme der einen oder der andern gibt. Man muss dabei berücksichtigen, dass unsere Beobachtungen uns nie ein fungirendes Organ zeigen, und dass leicht Verhältnisse der Bewegung, die sich in der Structur der Theile nicht nothwendig bleibend ausdrücken müssen, dass ferner eine Contractilität einzelner Elemente, die in den zerrissenen Fragmenten verschwindet, über die das Sehfeld des Mikroskops sich erstreckt, dass endlich mancherlei Umstände überhaupt mitwirken können, die deswegen, weil sie noch nicht erwiesen sind, nicht als schon zurückgewiesen gelten können.

249. Es ist aber ganz natürlich, dass Hypothesen über die Mechanik eines Processes so lange ganz unsicher bleiben müssen, bis die Natur des Instruments, durch das er erzeugt wird, völlig bekannt ist. Vermuthungen über das Zustandekommen der Secretion werden daher stets mit andern über den Bau ihrer Organe zusammenhängen. Möge uns daher noch ein Wort hierüber verstattet sein. In den Wurzelspitzen der Pflanzen ist eine sehr compendiöse Einrichtung gegeben, die höchst bedeutende Flüssigkeitsmassen dem Boden entzieht, und sie in den Luftraum zuletzt wieder ausscheidet. Ein grosser Aufwand eigenthümlicher Structurverhältnisse ist hier nicht gemacht, sondern die chemische Natur des Inhalts der Wurzelzellen reicht hin, um durch Anziehung der Flüssigkeit die Füllung des Pflanzenkörpers zu bewirken. Diesen Wurzelspitzen ähnlich senken sich die geschlossenen Enden der cylindrischen oder traubigen Drüsenkanäle in ein Haargefässnetz, aus dem entweder unmittelbar, oder mittelbar durch eine Zwischensubstanz das Blut, gleich der Feuchtigkeit des Bodens, einzelne seiner Bestandtheile an sie abgeben soll. Die Möglichkeit des Uebertritts wird auch hier gegeben sein, wenn so, wie wir es früher bei den Chylusgefässen vermutheten, auch nur wenige Zellen mit eigenthümlichem Inhalt das blinde Ende des Kanals besetzen und eine anziehende Kraft gegen jene Bestandtheile des Bluts geltend machen können. Die allmähliche Füllung der Kanäle würde hier wie dort voraussetzen, dass die Membran derselben keineswegs leicht, sondern ziemlich schwer sich von der Flüssigkeit durchdringen liesse, so dass deren Eintritt nur durch die Unterstützung jener chemischen Anziehung erreicht, ihre Wiederentfernung dagegen beständig nach dem Ort des geringsten Widerstandes, nach der Ausflussmündung des Kanales hin, gelenkt würde. Obgleich diese Hypothese nicht mehr empirisch begründet ist, als jede andere, so wollen wir doch bei ihr stehen bleiben, weil sie mehr als die übrigen für ein allgemeines, der mannigfachsten Modificationen fähiges und auf die verschiedensten Secretionen anwendbares Princip gelten kann. Ueberall aber wird es wahrscheinlicher sein, analoge Processe von einer und derselben Einrichtung ausgehen zu lassen, als zur Verwirklichung jedes einzelnen eine Menge verschiedener zusammenwirkender Umstände anzunehmen.

250. Die **specifische Auswahl** der Stoffe, die jedes Organ entleert, bedarf nun keiner besondern Erklärung, da wir nirgends indifferente, sondern überall specifische Membranen voraussetzen. Ob ausserdem die Organe ihr Secret nur durchlassen oder es bereiten, darüber hat man in jedem einzelnen Falle die Entscheidung von der Erfahrung zu erwarten. Zersetzungsproducte, die nur zur Ausfuhr taugen, und wahrscheinlich in der Substanz aller Körpertheile entstehen, werden, durch das Blut aufgenommen, aus den Organen nur austreten, ohne durch sie eine unnütze weitere Zubereitung zu erfahren. Anders kann es sich mit geformten Moleculen verhalten, die, innerhalb des Bluts unbrauchbar werdend, sich doch in ihm nicht verflüssigen und durch die längere Thätigkeit eines zusammengesetzteren Organs zur Ausfuhr vorbereitet werden müssen. So ist es glaublich, dass die Harnbestandtheile, aus der Zersetzung löslicher Eiweissstoffe herrührend und selbst löslich, durch die Nieren nur wie durch ein specifisches Filtrum hindurch gehen, während die Leber die Zersetzung und Verflüssigung alternder Blutkörperchen, in der wahrscheinlich, so wie in der Neubildung anderer, ein Theil ihrer Aufgabe besteht, nur durch eine umgestaltende Thätigkeit durchführen kann. Auch Secretionsproducte, die nach innen zu besondern Zwecken entleert werden, gestatten im Allgemeinen beide Entstehungsweisen. Gleiche Betrachtungen liessen sich über die Aufnahme der verbreiteten Assimilationsstoffe in die Substanz der Organe ausdehnen, aber freilich auch Betrachtungen von gleicher Unsicherheit. Die Bedürfnisse des Wachsthums setzen eine Anziehung des Gleichartigen voraus; die des Wiederersatzes lassen im Gegentheil eine gewisse Anziehung gerade des Ungleichartigen oder vielmehr in jedem Falle eines bestimmten Ungleichartigen als ebenso möglich erscheinen. In dem Grade, als eine Zersetzung vorgeschritten, ist der Ersatz nöthig; es scheint, als könne seine Grösse am einfachsten dadurch regulirt werden, dass die veränderte, nicht aber die unveränderte Substanz eine Anziehung gegen das brauchbare Material entwickelt. Findet die Abnutzung gleichförmig über alle kleinsten Theile einer Masse statt, so würde ohnehin der Ersatz nur von der Anziehung derselben gegen den ihr nun heterogenen Bildungsstoff ausgehen können.

DRITTES KAPITEL.

Von der Mechanik der Gestaltbildung.

§. 24.

Allgemeine morphologische Fragen.

251. Ueberblickt man den ausserordentlichen Reichthum von Thatsachen und die nicht geringe Zahl selbst von allgemeinen Gesichtspunkten, die in neuerer Zeit durch den rastlosen Fleiss genialer Beobachter für Morphologie und Entwicklungsgeschichte gewonnen worden sind, so könnte man vielleicht diesem Theile der Physiologie eine vergleichsweise grosse Ausbildung zuschreiben. Aber jene schönen Untersuchungen berühren nur sehr wenig den Gegenstand, den wir hier meinen. Die Morphologie nämlich kann sich verschiedene Aufgaben stellen. Sie kann zuerst, verschiedene Organisationen vergleichend, diejenigen Formverhältnisse aufsuchen, die ihnen allen gemeinsam sind, oder doch grösseren Klassen als Typen zu Grunde liegen, und nur durch abweichende Werthe einzelner Factoren sich zu der anscheinenden Mannigfaltigkeit der Bildungen entwickeln. Diese auf vergleichender Anatomie beruhende Formenlehre langt zuletzt bei Thatsachen an, die nun noch eine doppelte Frage übrig lassen, die nach ihrer Entstehung und die andere nach ihrer Bedeutung. Die letztere, obwohl ebenfalls ihrer ganzen Schwere nach selten empfunden, ist doch nicht selten zu beantworten versucht worden, und wir besitzen mancherlei Auslegungen des idealen Gehaltes, den man in den Urformen der Körper symbolisirt zu finden glaubte. Die andere Frage nach der Entstehung des Körpers ist durch die bisherige Entwicklungsgeschichte zwar auch, aber nur in beschreibender Weise, und nur in beschränkter Ausdehnung, erledigt worden; man hat die Vorgänge der Entwicklung, wie sie eine successive Reihe ausmachen, beobachtet, und ist zum Theil selbst auf gewisse allgemeine Verfahrungsweisen gekommen, welche die Natur verschiedentlich bei Bildung analoger Theile anwendet; aber die Frage nach den Kräften, welche diese

sichtbaren Vorgänge und ihre Reihenfolge bedingen, oder nach den Umständen, die jeden einzelnen Schritt eines morphotischen Processes möglich machen, endlich nach den elementaren Formen und Wirkungen, durch deren Combination der Aufbau des Ganzen verwirklicht wird, diese causalen oder mechanischen Fragen der Morphologie haben bisher noch kaum einen Anfang ihrer Beantwortung erfahren.

252. Sie konnten es auch nicht, so lange die Vorstellung bewirkender Triebe, die wir im ersten Theile dieser Betrachtungen characterisirten, als Erklärungsprincip galt, und gerade in diesem Gebiete hat sich jene Vorstellung am längsten und zähesten erhalten. Dies ist begreiflich genug, wenn man die in der That höchst staunenswürdige Mannigfaltigkeit und Feinheit der organischen Gestaltbildung mit der scheinbaren Einfachheit ihrer Keime vergleicht, und sich ausserdem erinnert, wie wenig auch auf unorganischem Gebiete die Physik bisher im Stande gewesen ist, morphologische Probleme zu lösen. Mit aller der stereometrischen Regelmässigkeit und Bestimmtheit, die eine Erklärung suchende Beobachtung an ihrem Objecte nur immer wünschen kann, stehen seit langem schon die Krystalle unorganischer Körper der Analyse gegenüber; aber ihre Erklärung fehlt noch immer, obgleich hier weder die masslose Mannigfaltigkeit der organischen Umrisse die Messung, noch die Berücksichtung heterogener, in steter Bewegung und chemischer Veränderung begriffener Bestandtheile die Berechnung der Wirkungen erschwert. Einige Hindeutungen auf eigenthümliche Zusammenhangsweisen der Theile nach bestimmten Richtungen, aus optischen, magnetischen und elektrischen Erscheinungen gezogen, sind fast alles, was die Theorie über dieses scharf umschriebene Problem der Krystallbildung besitzt. Ein einziger Blick auf diese Thatsache zeigt uns, wie hoffnungslos die seltsamen, auch jetzt noch hin und wieder auftauchenden Versuche sind, die ganze ausgebildete Körpergestalt aus der mechanischen Entfaltung von Processen wirklich zu construiren, die in irgend einem anfänglichen Complex von Massen vermöge ihrer Verbindungsweise präformirt waren. So gewiss wir voraussetzen, dass auf diesem Wege die Entwicklung der Gestalten einzig und allein erfolgen kann, so ist doch jeder Versuch, diesen Gedanken jetzt auszuführen, eine Anticipation

von Entdeckungen, zu denen auch nur den Weg zu bahnen, noch unberechenbare Zeit gehören wird. Schon deshalb ist es nicht unnütz, die Schwierigkeiten, die sich hier zeigen, noch einmal zu erwähnen; denn sie sind nicht nur Schwierigkeiten, sondern zugleich wichtige Thatsachen, die für unsere weiteren Betrachtungen nothwendig sind.

253. Eine Untersuchung, welche sich die Erklärung der Entstehung eines Objectes vornimmt, muss vor allem ihr Object selbst kennen. Die Krystallographie kennt das ihrige, die organische Morphologie nur höchst unvollkommen. Auch die Krystalle allerdings sind während ihrer Bildung häufig störenden Einflüssen, die in ihre Gestalt fremdartige Modificationen bringen, unterworfen; aber im Ganzen doch sehr wenigen, und solchen, die überdies leicht zu vermeiden sind, da die Krystallbildung unter den Händen der Kunst vor Störungen gehütet werden kann; es fehlt daher nicht an giltigen Musterformen. In weit grösserem Masse unterliegt die Gestaltbildung der organischen Körper äusseren Einflüssen, und die Gestalt jedes Blattes ist nur eine Resultante des immanenten Bildungstriebes und nie fehlender äusserer Störungen. Sind nun gleich die Abweichungen, die hierdurch veranlasst werden, selten so gross, dass sie den allgemeinen Habitus einer Form beeinträchtigten, so reicht doch die Rücksicht auf diesen allein höchstens zu morphologischen Vergleichungen, nicht aber zu einer Vorarbeit für die mechanische Erklärung der Formenbildung hin. Zahllose Messungen erst würden ein glaubwürdiges Mittel einer Form liefern, und selbst dann ist die Frage, ob ein solcher Mittelwerth der Erklärung bessere Dienste leistet, als jeder einzelne, der mit zu seiner Berechnung gedient hat. Denn in organischen Körpern kann ein wechselseitiges Verhältniss der Theile in der Art stattfinden, dass auch Formenstörungen des einen Compensationsbestrebungen in andern hervorrufen. Messungen, die sich über alle Theile desselben Organismus erstrecken, würden daher trotz ihrer pathologischen Einzelwerthe doch Proportionen zwischen denselben enthalten, die vielleicht viel eher auf ein Bildungsgesetz leiten, als die Combination von Mittelwerthen für jeden einzelnen Theil, in denen diese bestimmten Verhältnisse wieder verschwunden sind.

254. Aber auch diese Voraussetzung ist wieder nur eine

mögliche; denn wenn wir auch fest überzeugt sind, dass solche Compensationen im organischen Körper vorkommen, so bleibt doch durchaus erst erfahrungsmässig festzustellen, wo sie vorkommen und in welchem Masse. Denn so eng ist die Verknüpfung der Theile eines Organismus lange nicht, dass jede Störung eines Theils Ausgleichungen in andern mit sich brächte. Darüber haben wir nun blos Muthmassungen. Man wird z. B. nicht leicht glauben, dass die zufällige Missbildung eines Blattes auch nur auf die benachbarten Pflanzentheile merklich zurückwirkte. Die Pflanzen ertragen ja selbst den gänzlichen Verlust eines solchen Formbestandtheils leicht. Dagegen wird man zweifeln, ob nicht jede individuelle Kopfbildung ein Ganzes sei, dessen Massüberschreitungen nach einer Seite hin stets durch entsprechende Abänderungen anderer Theile einer allgemeinen Gleichung unterworfen werden. Die Betrachtung gehirnloser Missgeburten mit übrigens normalem Körper, überhaupt die Thatsachen, welche die Erfahrung über Missbildungen des Fötus bisher geliefert hat, machen aber anderseits wieder einen engen Bildungszusammenhang zwischen allen Theilen ziemlich zweifelhaft, obgleich sie solchen Relationen zwischen einzelnen Wahrscheinlichkeit geben. Es geht aus alle dem die Nothwendigkeit hervor, dass die Morphologie sich nicht von apriorischen Maximen bestimmen lasse, deren Tragweite zu beurtheilen noch viele Erfahrungen nothwendig sind. Zu diesen Voraussetzungen gehört jene Maxime von der engen Verbindung aller Theile des organischen Körpers, die in der Pathologie ebenso viele unfruchtbare Untersuchungen hervorgerufen hat, als sie der Morphologie unbrauchbare Grundsätze liefern würde.

255. Ich kann mich nicht enthalten, diesen in der That wichtigen Gegenstand durch einen Rückblick auf Diderots Versuch über die Malerei zu erläutern, gegen den bereits Göthe polemisirte, leider aber gerade über diesen verfänglichen Punkt mit dem Franzosen einig, dessen Meinungen alle übertrieben und einseitig generalisirt sind. (Göthe, S. W. 1840. XXIX.). Sehet diese Frau an, sagt Diderot, die in der Jugend ihre Augen verloren hat. Das allmähliche Wachsthum der Augenhöhle hat die Lider nicht ausgedehnt, sie sind in die Tiefe zurückgetreten, die durch das fehlende Organ entstanden ist, sie haben sich zusam-

mengezogen. Die obern haben die Augenbrauen mit fortgerissen, die untern haben die Wangen ein wenig hinaufgehoben. Die Oberlippe, indem sie dieser Bewegung ein wenig nachgab, hat sich gleichfalls in die Höhe gezogen und so sind alle Theile des Gesichts gestört worden, je nachdem sie näher oder weiter von dem Hauptorte des Zufalls entfernt waren. Wendet eueren Blick, sagt er in einem zweiten Beispiele, auf diesen Mann, dessen Rücken und Schultern eine erhobene Gestalt angenommen haben. Indessen die Knorpel des Halses vorn auseinander gingen, drückten sich hinten die Wirbelbeine nieder; der Kopf ist zurückgeworfen, die Hände haben sich an den Gelenken des Armes verschoben, die Ellenbogen sich zurückgezogen; alle Glieder haben den gemeinschaftlichen Schwerpunkt gesucht, der einem so verschobenen System zukam, das Gesicht hat darüber einen Zug von Zwang und Mühseligkeit angenommen.

256. Diese Beschreibungen geben reichlichen Stoff zu Betrachtungen. Schon Göthe meint, ein Meister der Semiotik würde beide Fälle besser dargestellt haben, doch habe er ihm hierüber nicht den Krieg zu machen. Wir aber müssen ihn machen. Denn dies würde der erste Verderb für die Morphologie sein, wenn eine so ganz ungenaue und nur durch ihren pikanten Anstrich reizende Beschreibung, wie sie hier Diderot gibt, zur Feststellung der Thatsachen dienen sollte. Aber Diderot fügt nun dem ersten Beispiele die Worte bei: Glaubt ihr aber, dass diese Entstellung sich blos in das Oval eingeschlossen habe? glaubt ihr, dass der Hals völlig freigeblieben sei, und die Schultern und die Brust? Ja freilich für eure Augen und für die meinen. Aber ruft die Natur herbei, zeigt ihr diesen Hals, diese Schultern, diese Brust, und sie wird sagen: dies sind Glieder eines Weibes, die ihre Augen in der Jugend verloren hat. Und dem zweiten Beispiel gibt er die Prophezeiung zu: Bedeckt diese Gestalt, zeigt der Natur ihre Füsse, und die Natur, ohne zu stocken, wird euch antworten: es sind die Füsse eines Buckligen. Und so erklärt er denn auch später, wenn die Natur zu der Fussspitze der mediceischen Venus eine Gestalt consequent hinzubildete, so würde es ihn wundern, wenn dabei nicht ein hässliches Ungeheuer herauskäme. Und von diesen Behauptungen bemerkt Göthe, sie möchten Manchem übertrieben scheinen

und seien doch im schärfsten Sinne wahr; die Consequenz der Natur im gesunden, wie im kranken Zustande gehe über alle unsere Begriffe.

257. Dem allen haben wir zweierlei gegenüberzustellen. Zuerst ist über die Consequenz der Natur nur der eine Satz richtig: sie geht so weit sie kann und muss. Keine Consequenz kann etwas ausrichten und sich verwirklichen, wenn die ursprüngliche Anlage eines Keims, oder die erste Irrung nicht mit mechanischer Nothwendigkeit auf andere Theile wirkt und deren Modificationen erzwingt. Nun ist es ein Aberglaube, dass alle Theile des Körpers in einem so sensiblen Gleichgewichte ständen, dass die Störung des einen sich stets über das ganze System verbreiten müsste, während wir zugeben, dass zwischen gewissen Gruppen einzelner Theile die Mittheilung, Nachwirkung und Ausgleichung der Störungen in der That in unglaublicher Feinheit geschieht. Die Consequenz der Natur wird daher in diesem Sinne nach gewissen Richtungen ausserordentlich gross, nach andern unendlich klein sein. Wenden wir dies auf Gestaltbildung an, so ist es ziemlich auffallend, wie klein sie hier erscheint. Bedenken wir, welche ungeheure Ablenkung von der natürlichen Form einzelne Theile bei verwachsenen Zwillingsfrüchten, bei doppelköpfigen oder doppelleibigen Missgeburten erfahren, so müssten ohne Zweifel die Nachwirkungen davon in andern Theilen bei einer grossen Consequenz der Natur mehr in die Augen fallen als sie thun. Und dies um so mehr, als hier die Störung in den frühsten Lebenszeiten eintrat, wo die bildende Kraft in ihrer lebhaftesten Thätigkeit begriffen war, und das schon verfestigte Gebildete viel weniger Widerstand gegen eine Compensation oder Rückwirkung leistete. In diesem Sinne ist Diderots und Göthes Meinung widerrechtlich generalisirt, und die Erfahrung hat vielmehr erst nachzuweisen, nach welchen Richtungen die bildende Thätigkeit grosse, nach welchen andern sie geringe Elasticität hat.

258. Auch ohne auf diese Erfahrungen zu warten, lässt sich aber auch zweitens leicht begreifen, warum Diderots Beispiele verführen, denn so ungenau sie geschildert sind, so schliessen sie doch ganz offenbar eine Richtung ein, in der die Verbreitung der Störungen sehr stark sein muss. Nichts gleicht der

Feinheit, mit welcher das Muskelsystem das Gleichgewicht des thierischen Körpers aufrecht erhält; geringe Abweichungen von ihm erregen sofort unwillkührliche Vermehrung der Spannung in den einen, Verminderung derselben in anderen Muskeln. Ist nun eine Missbildung von der Art, dass sie zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts fortdauernd eine bestimmte corrigirende Thätigkeit derselben Muskelgruppe verlangt, so wird dadurch allerdings die Anspannung der Haut, die Beweglichkeit der Gelenke und bei längerer Dauer Lage und Ernährung einzelner Theile verändert, und diese Veränderung bildet eine Compensation, durch welche die Effecte der Störung ausgeglichen werden. Von dieser Art ist das Beispiel des Buckligen, und bei der Feinheit, mit welcher eine verschiedene Vertheilung der Drucke und Spannungen auf die Bequemlichkeit und Sicherheit aller Bewegungen nachwirkt, wollen wir nicht bezweifeln, dass die Natur auch aus dem Fusse ein Leiden der Wirbelsäule diagnosticiren würde. Das andere Beispiel von der Blinden ist nicht so einfach. Die Wirkungen, die unmittelbar von dem Einsinken des Bulbus herrühren, würden wohl schwerlich sich über das Oval des Gesichts hinaus verbreiten, denn sie können ursprünglich in Nichts als in abweichender Spannung der Haut bestehen. Aber der Blinde wird zur Ausgleichung seines verlornen Sehvermögens durch Bewusstsein und Willen beständig gewisse lauschende und tastende Stellungen des Kopfs und der Glieder annehmen, die nun weiter auf die Gestalt ähnliche Einflüsse ausüben können.

259. Endlich aber müssen wir der Betrachtung dieser Beispiele hinzufügen, dass wir in ihnen durchaus nicht Compensationen sehen, durch welche die bildende Kraft Formfehler auszugleichen strebte, um eine in sich consequente Form dennoch hervorzubringen; vielmehr sind es Anstrengungen der Functionen, um andere Mängel der Functionen möglichst zu verbessern. Dass dies in den angeführten Beispielen nicht ohne Formveränderungen des Körpers angeht, ist ganz zufällig; die chemischen Thätigkeiten des Stoffwechsels compensiren einzelne Störungen ganz nach demselben Princip, aber sie vermögen es ohne Gestaltabänderungen. Alle diese und ähnliche Beispiele können daher nicht beweisen, dass die Natur die Form des Körpers um ihrer selbst willen stets so zu gestalten suchte, dass das

Ganze immer unter die allgemeine Formel einer morphologischen Gleichung falle. In Diderots Fällen ist im Gegentheil leicht zu sehen, dass das Streben des Körpers, seine Functionsmängel auszugleichen, die Gestalt noch weiter von ihrem normalen Typus entfernt. Es ist daher auch sehr schwer, aus der Betrachtung der verschiedenen Massüberschreitungen einer Gestalt die Normalgestalt zu finden, welche etwa die Mitte solcher sich compensirender Ablenkungen hielte. An einem unlebendigen Körper, dessen Gestalt nur durch eigentlich morphologische Kräfte bestimmt würde, wäre es ausführbar; hier, wo die Functionen nur das in ihrem Sinne Zweckmässige in die Gestalt hineinbringen, befinden sich die gestaltenden Kräfte in engerem Sinne in stetem Conflict mit ihnen, und können ihr reines Resultat nicht verwirklichen.

260. Ich habe diese bisherigen Bemerkungen in der Absicht gemacht, die Schwierigkeiten nachzuweisen, die man findet, wenn man aus der Vergleichung vieler Gestalten und ihrer Störungen auch nur factisch die proportionalen Massverhältnisse der Normalgestalt aufsuchen wollte. Auch die Methode der Messung und Vergleichung bietet Bedenken genug. In einem Körper, der in steter Entwicklung begriffen ist, und dessen Gestaltverhältnisse zum Theil durch die Functionen mitbestimmt werden, darf man nicht willkührlich irgend welche Dimensionen messen und vergleichen, sondern muss die gegenseitige Lage wesentlicher Punkte messen, d. h. solcher, welche die Ausgangspunkte morphotischer Wirkungen sind. Zwischen ihnen allein kann man ein sehr festes Gleichgewicht vermuthen, während alle übrigen Theile nur mittelbar dadurch in Proportionen stehen, weil sie Wirkungen proportionaler Kräfte sind. Diese mittelbare Verhältnissmässigkeit lässt aber zu viele Störungen zu, um genau bestimmte Exponenten zu geben. So ist z. B. die oft gemessene Distanz zwischen der Spitze des processus xiphoides und dem Nabel oder zwischen diesem und der symphysis ossium pubis eine morphologisch ganz irrelevante Linie; in ihrer Richtung wirkt unmittelbar gar keine gestaltende Kraft, vielmehr wird die Länge dieser beiden Theile durch das Wachsthum der Lendenwirbel hauptsächlich bestimmt, ist aber nicht einmal geeignet, als Index dieses Wachsthums zu dienen, weil die ge-

wohnte Haltung des Körpers, der Krümmungsgrad des Rückgrats, in Folge dessen die Stellung des Brustkorbes und viele andere Zufälligkeiten auf sie Einfluss äussern. Man wird überhaupt wohlthun, zunächst die Weichtheile aus der Messung wegzulassen und sich nur an das Knochenskelet zu halten.

261. Aber auch bei dieser Beschränkung ist es bis jetzt noch nicht möglich, für die Anstellung der Messungen leitende Gesichtspunkte zu finden. In der Botanik würde die Lage der einzelnen Vegetationspunkte, da wo sie bestimmt sind, einen festen Punkt von morphologischer Bedeutsamkeit abgeben, gegen welchen die Lage der übrigen zu bestimmen wäre. Im Thierkörper fehlt es uns selbst daran, und wir sind genöthigt, zunächst durch ziemlich principlose Messungen erst die bedeutungsvollen Punkte und die Analogien zu finden, die dann eine morphologisch richtige Wahl des Ausgangspunktes gestatten. Wenn Quetelet anführt, dass die Länge des Kopfs von der des Fusses abgezogen eine beständige Differenz, nämlich 0,019 der Körperlänge gebe, so würde dieses Factum, wenn es sich wirklich richtig erwiese, mehr sinnverwirrend als aufklärend sein; eine beständige arithmetische Differenz zweier in ihrem Bildungsprocesse so weit auseinanderliegender Theile, und zwar während die ganze Körpermasse veränderlich ist, würde nicht zu den Beobachtungen gehören, die ein Fundament für neue Untersuchungen böten. Hypothesen, die man zuweilen verachtet, weil sie in ihrer bisherigen Ausbildung freilich schwache Seiten zeigten, z. B. die Annahme, welche den Typus des Wirbelknochens als Grundform der Knochenbildung ansieht, würden hier Gelegenheit haben, sich glänzend zu rechtfertigen, wenn sie vermittelst der Zurückführung der übrigen Knochen auf jenen Typus solche bedeutsame Vergleichungspunkte an ihnen nachweisen, und ihre Dimensionen aus einer Wirbelgleichung herleiten könnten.

262. Nehmen wir nun einmal an: alles dies sei geleistet, so würde uns jetzt die Normalgestalt eines Organismus mit derselben Genauigkeit der Massverhältnisse und aller der descriptiven stereometrischen Gesetzmässigkeit gegenüber stehen, wie der Krystallogonie die Krystallgestalt. Von nun an würden sich erst die andern Schwierigkeiten bemerklich machen, welche die Er-

klärung der organischen Gebilde unendlich mehr verwickeln, als die der unorganischen. Ich habe sie oben bereits angedeutet, und komme jetzt in anderer Absicht auf sie zurück. Es ist zuerst wenigstens höchst wahrscheinlich, dass es im Laufe der Krystallbildung keine Entwicklung, d. h. keine Bildungsepochen gibt, in welchen verschiedenartige Kräfte wirksam wären. Nimmt man an, dass Abkühlung eines geschmolzenen Körpers oder Verdunstung des Menstruum eines gelösten gleichmässig vor sich gehe, so werden dieselben Kräfte, die vom Anfang an thätig sind, in stetiger Fortwirkung den Aufbau der Krystallgestalt aus den einzelnen Theilen vollenden. Man hat daher nur die Wirkungen e i n e r Kraft zu berechnen, also nur aus e i n e m Wirkungsgesetze durch Berücksichtigung der im Laufe des Processes veränderten Umstände, der Lagerung der Masse, des Einflusses der schon gewonnenen Form auf den weitern Ansatz u. s. w. die Erfolge herzuleiten. Kein lebendiger Körper entsteht auf ähnliche Weise durch Apposition bleibender Bestandtheile; er entspringt vielmehr aus ursprünglich schon heterogenen, deren viele im Verlaufe der Bildung zu Grunde gehen. Die Kräfte, die in einem spätern Augenblicke wirken, sind nicht mehr die der früheren Zeiten, so dass nur ihre Effecte wegen der veränderten Lage der Umstände andere würden, sondern andere Molecularkräfte, andere chemische Verwandtschaften wirken successiv in einzelnen Zeitabschnitten; das ganze Substrat der Gestaltbildung ändert sich fortwährend, wogegen das der Krystallisation stets dasselbe blieb. Durch diese Umwandlungen wird auch den äusseren Bedingungen eine ganz wandelbare Grösse des Einflusses zu Theil; gleichbleibende äussere Umstände lassen sich bei der Krystallisation ohne Zweifel oft als nicht vorhanden ansehen, da ihr Effect constant seiner Qualität und meist auch seiner Grösse nach ist; bei der organischen Gestaltbildung ist das veränderliche Substrat gegen dieselben Bedingungen bald mehr, bald weniger reizbar, wird bald von ihnen nicht berührt, bald kann es plötzliche Impulse neuer Veränderungen von ihnen erhalten. Zu allen diesen Veränderlichkeiten gesellen sich endlich noch räumliche Bewegungen, durch welche der werdende Organismus, sobald seine Functionen erwachen, selbst anfängt, zu seiner Formvollendung mechanisch mitzuwirken; so der beginnende Kreislauf.

263. Alles das nun, was wir bisher als Schwierigkeiten für die Erklärung der Gestaltbildung anführten, vergrössert natürlich die Hilfsmittel für die Realisirung dieser Bildung. Und hiermit müssen wir uns trösten; je mehr die Complication der wirkenden Kräfte unsere Hoffnung niederschlägt, ihr im Einzelnen berechnend nachzukommen, desto mehr lässt sich uns im Allgemeinen die Möglichkeit übersehen, wie die ausgebildete organische Gestalt durch rein physische Bedingungen aus einem gegebenen Keime sich entwickeln kann. Der Reichthum der Mittel, der uns einerseits verwirrt, wird in der Hand der Natur um so sicherer zu grossen Wirkungen führen. Und aus diesem Gesichtspunkte wollen wir, ehe wir zu den erfahrungsmässigen Thatsachen übergehen, noch einmal auf das Vorige zurückblicken und überschlagen, welche Vortheile für die organische Gestaltbildung in den erwähnten Verhältnissen liegen. Die Gestalt eines Thieres oder einer Pflanze ist im Vergleich mit der stereometrischen Form eines Krystalles etwas so Reiches, Mannigfaltiges und scheinbar Incommensurables, dass wir der zagenden wissenschaftlichen Phantasie, die beide auf gleiche physische Bewirkungsweisen zurückzuführen Anstand nimmt, durch einige Blicke auf die verschiedenen Umstände, die zu so verschiedenen Ergebnissen führen, zu Hilfe kommen müssen.

264. Krystalle werden aus homogenen kleinsten Theilchen gebildet, sei es, dass diese selbst Elemente sind, oder aus Mischungen mehrerer chemischer Grundstoffe bestehen. Eine gewisse Einfachheit der letzten Bildung der Gestalt geht schon hieraus hervor; nach einem allgemeinen Gesetze wird hier hauptsächlich die Lage jedes einzelnen Punktes zu der Gruppe der ihn zunächst umgebenden bestimmt, und die resultirende Endform der ganzen vorhandenen Masse ist diejenige, in welcher diese überall gleichartigen Kräfte der kleinsten Theile sich im Gleichgewicht halten. Ob ein solches Gleichgewicht überhaupt in dem Sinne eintritt oder eintreten kann, dass alle Theilchen sich in Ruhe befinden, mag dahin gestellt bleiben; fänden sie sich stets in Bewegung, so würde sie doch eine innerliche Oscillation derselben gegen einander sein, welche nicht von selbst die Grenzen und Umrisse der äussern Gestalt abzuändern vermöchte. Wir können daher morphologisch wenigstens anneh-

men, dass der Process der Krystallisation abgeschlossen sei, sobald die Theilchen dieses Gleichgewicht ihrer Vertheilung im Raume erreicht haben. Welches nun auch die dabei entstandene Endform des Krystalles sein mag, so zeigt er sich doch nie in dem Sinne als ein Ganzes, dass nicht eine Vermehrung durch neuen Ansatz die Gestalt abändern könnte, vorausgesetzt nur, dass die neue Anlagerung demselben Gesetze genug thut, welches die gegenseitige Lage aller benachbarten Theilchen zu einander bestimmt. In den organischen Wesen sind die Verhältnisse anders. Auch wo der Keim nur in einer einzigen Zelle besteht, die den äussern Einflüssen zur Entwicklung überliefert wird, befinden sich doch in ihm heterogene Bestandtheile, die in ihrer späteren Ausbildung und neuen Gruppirung nicht überall einem einzigen Gesetze der Aneinanderlagerung des Benachbarten folgen können, sondern nach verschiedenen Richtungen hin verschiedene Gestaltungen annehmen.

265. Ohne jetzt auf diese an einem spätern Orte weiter zu besprechenden und früher schon angedeuteten Verhältnisse einzugehen, wollen wir hier nur hervorheben, dass die Vergleichung zwischen Krystallisation und organischer Gestaltbildung überhaupt uns keine richtige Analogie scheint. Der Krystallbildung entspricht die Keimbildung. So wie dort homogene Theilchen aus einer Flüssigkeit sich zu einer Gestalt zusammenthun, in der sie wenn nicht in dem Gleichgewicht der Ruhe, so doch in dem einer in sich zurückkehrenden Bewegung stehen, so vereinigen sich in dem Keime eine Anzahl heterogene organische Bestandtheile zu einem System, das ebenfalls lange Zeit hindurch sich in einem Gleichgewicht seiner Verbindung erhält. Das Ei oder das Samenkorn ist der organische Krystall; die lebendige Gestalt dagegen ist das stets veränderliche Product einer Störung, die das Gleichgewicht desselben erfahren hat, eine in Bewegung gerathene Krystallisation, deren Mannigfaltigkeit deshalb gar nicht in Vergleich mit der Einfachheit der Krystallbildung zu bringen ist. Wollte man vergleichen, so würde man die organische Gestalt mit dem zusammenstellen müssen, was aus dem unorganischen Krystall wird, wenn er ähnlichen Störungen seines Gleichgewichts unterworfen wird. Dabei würde sich freilich zeigen, dass die Veränderungen, welche z. B. die

Wärme in ihm hervorbringt, meist in einer einförmigen Veränderung seines Aggregatzustandes bestehen würden, während derselbe Reiz aus dem organischen Samen erst eine wachsende, dann eine abnehmende Wechselwirkung gegen das Aeussere hervorlockt, ehe in dem wieder absterbenden Geschöpf die Elemente durch Zersetzung ein beständiges Gleichgewicht ihrer chemischen Verwandtschaften wieder erlangen. Aber diese Verschiedenheit der Entwicklung weist deutlich auf den Unterschied der ersten Zusammensetzung des Keimsystems als auf ihre Ursache hin. Wir gehen daher im Folgenden von dieser Voraussetzung aus, dass die Gestaltbildung nicht sowohl durch einen positiven Trieb des ganzen Systems oder durch ähnliche Triebe einzelner Theilchen geschehe, sondern dass sie die Folge der Störung einer ursprünglich gegebenen Anordnung von Massen sei, deren Entstehung eine neue Frage bildet.

266. Da wir nur eine Entwicklung von Möglichkeiten beabsichtigen, so sehen wir von aller bestimmten Erfahrung ab und nehmen nur eine einzige entwicklungsfähige Zelle als gegeben an, die aus einer unbestimmten Menge heterogener Bestandtheile zusammengesetzt ist. Es ist gleichgiltig, ob diese Bestandtheile sich in einem Gleichgewicht der Ruhe befinden, oder ob sie beständig innerlich bewegt, jene in früherer Zeit oft erwähnte vita minima besitzen, ein latentes Leben, aus dem man die Entfaltung des sichtbaren besser zu begreifen meinte. Denn der wahre Begriff dieses verborgenen Lebens kann nur darin bestehen, dass es Bewegungen begreift, die der Substanz des entwicklungsfähigen Keims nothwendig sind, weil sie unter den gegebenen Umständen ein Gleichgewicht der Ruhe nicht finden kann; sein Vortheil für das zu entfaltende Leben kann nur dieser sein, dass der Keim durch diese Bewegungen beständig in der Zusammensetzung seiner Theile erhalten wird, in der er später den äussern entwickelnden Reizen grade solche Angriffspunkte darbietet, wie sie der Typus jeder Gattung verlangt. Nicht ein Bildungsbestreben setzen wir daher in ihm voraus, sondern ein Streben zum Gleichgewicht und zur Erhaltung. Auf dieses Substrat lassen wir jetzt die äussern Reize einwirken, und um unsere Vorstellungen an etwas Einfacheres zu knüpfen, wollen wir hierbei im Allgemeinen an eine vegetabilische Keimzelle und an die

äussern Kräfte denken, die wie Wärme, Wasser, und die Bestandtheile der Luft und des Bodens mit ihr in Berührung kommen.

267. Die chemische Zusammensetzung des Zellensaftes wird zuerst ihren Einfluss erfahren; enosmetischer Austausch von Stoffen muss nothwendig erfolgen. Er kann jedoch nicht die Form des Auslaugungsprocesses annehmen, sondern muss Massenzunahme bewirken, und zwar so, dass mehrerlei Stoffe gebildet werden als Grundlagen der Mannigfaltigkeit späterer Organe. Nun ist es aber eine sehr gewöhnliche Erscheinung bei chemischen Zersetzungen, namentlich so combinirter Stoffe, wie sie im organischen Körper vorkommen, dass derselbe Zersetzungsreiz eine homogene Substanz in mehrere differente Producte spaltet, und dass er ferner, wenn er einzuwirken fortfährt, später andere Producte entwickelt als früher, eben weil die spätere Einwirkung schon ein anderes Substrat vorfindet, als die vorangegangene. Nichts ist daher einfacher als die Annahme, dass Wärme, Luft, Feuchtigkeit aus dem ursprünglich homogenen Keimsafte heterogene Bestandtheile entwickeln werden, und zwar so, dass jedes der neu entstandenen Producte in einem bestimmten Mengenverhältnisse neben andern auftritt, gemäss der Proportionalität chemischer Verbindungen im Allgemeinen. Setzen wir voraus, was nothwendig in irgend einem Zeitpunkte der organischen Bildung stattfinden muss, dass nämlich ein Theil der neu entstandenen Producte fest wird, während ein anderer flüssig bleibt, so werden die gegenseitigen Kräfte aller Theile nur bei einer bestimmten Lagerung der festen im Gleichgewicht sein, und es zeigt sich daher die Möglichkeit der Entstehung einer ausgezeichneten Richtung, einer Hauptaxe der späteren Wirkungen, wenn z. B. zwei feste Kerne entstehen, oder mehrerer Axen, wenn eine grössere Anzahl derselben vorhanden ist, die nicht durch Anordnung in einer Geraden ins Gleichgewicht kommen kann.

268. Ueberlegt man diesen noch sehr einfachen Fall, so gewahrt man leicht, dass eine Humoralmorphologie sich entwickeln liesse, welche in dem Keimstoffe noch durchaus keine solche regelmässige Anordnung einzelner Theilchen voraussetzte, wie man sie in ihm bei dem Hinblick auf die spätere Regelmässigkeit der ausgebildeten Gestalt gesucht hat. Zwar jene

Zeiten, welche eine Miniatur des ganzen Körpers im Ei oder Samen voraussetzten, und keine Entwicklung kannten, als ein Wachsthum, dessen Hergang man doch eigentlich auch nicht begreifen konnte, sind jetzt wohl vorüber; gleichwohl meint man noch häufig, eine verhältnissmässig sehr grosse Feinheit der ursprünglichen Anordnung kleiner Theilchen sei eine nothwendige Vorbedingung der weiteren Gestaltung. Das Angeführte würde zeigen, dass man nur ein qualitativ bestimmtes Substrat, aber keinen besonderen Gestaltanfang in dem Keime bedarf. Von der chemischen Beschaffenheit des Keimsaftes würde es abhängen, welches erste Element der Gestaltbildung, von dem alle folgenden abhängen, sich durch den Einfluss der äussern Lebensreize in ihm ausbilden müsste. Trotz dieser Möglichkeit glaube ich jedoch nicht, dass dem so ist. Wenn gleich die Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung des Keimsaftes bei verschiedenen Geschöpfen, ungeachtet ihrer Analogie im Allgemeinen, von unbegrenzter Mannigfaltigkeit gedacht werden kann, so scheint es doch, wenn wir die Veränderlichkeit und Unregelmässigkeit der äussern Reize beachten, nothwendig, durch eine bestimmtere Anlage des Keims ihrem störenden Einflusse entgegenzuwirken. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass die Organisation nicht von einem homogenen, nur chemisch characterisirten Safte, sondern allerdings von einem Systeme fester Theilchen ausgeht, deren Anordnung aber sehr einfach und entfernt von aller Aehnlichkeit mit der später entwickelten Gestalt sein kann. In jedem Falle ist diese im Keime nur auf virtuelle Weise vorhanden, als der nothwendige Erfolg, den die eingeleitete Bewegung seiner Bestandtheile in Zukunft hervorbringen muss. Wie bringt dagegen der Organismus den Keim hervor? Die Ausbildung bestimmter Organe für seine Erzeugung, die wenigstens in höheren Organisationen allgemein vorkommen, macht es wahrscheinlich, dass auch er schon nicht nur ein Product flüssiger Theile sei, sondern zugleich von festen Bestandtheilen des Körpers mitgebildet werde und dadurch auf eine freilich durchaus unbekannte Weise zu jener einfachen aber beständigen Anordnung seiner Elemente gelange, durch die er der Ausgangspunkt der neuen Entwicklung werden kann.

269. Mag nun diese Anordnung verschiedener Theilchen

ursprünglich vorhanden gewesen oder erst entstanden sein, so sieht man leicht, dass jetzt statt eines homogenen Keims ein System mehrerer unter einander in gesetzlicher Weise verbundener Keimpunkte vorliegt. Jedem von ihnen können dieselben Schicksale widerfahren, die wir eben durchgegangen, die Bewegungen aller werden überdies aufeinander einwirken. Sie werden auf die Keimflüssigkeit, die sie noch umgibt, chemische Einflüsse äussern, von denen wir nur die hervorheben wollen, die sie nach Art der Fermente ausüben, und durch welche sie die Bildung und Ablagerung sowohl ihnen selbst ähnlicher als von ihnen differenter Stoffe in ihrer Nachbarschaft veranlassen können. So consolidiren sich immer mehr gewisse Regionen, in denen eine eigenthümliche rege Bildungsthätigkeit herrscht, und von denen aus sie sich über die übrige Masse des Keimes erstreckt. Wir haben hierbei eine ohne Zweifel nicht unwichtige Bedingung aus den Augen gelassen, die wir bis jetzt nicht weiter verfolgen können. Jeder neu gebildete Stoff nämlich wird für sich schon ein bestimmtes Gestaltungsbestreben besitzen, und gleich den Krystallen eine von seiner chemischen Zusammensetzung abhängige Anordnungsform seiner Theilchen entwickeln, welche eben so wie die entstandene Anordnung in dem ganzen Keime, auch auf seine Fähigkeit zurückwirken wird, chemische Processe in den übrigen Theilen zu erregen, oder an ihnen Theil zu nehmen. Man sieht, welche ausserordentliche Mannigfaltigkeit der Erfolge auf diesem einfachen Wege möglich ist. Wären die Molecule des Keims chemisch unveränderlich, so würde der fortdauernde Einfluss der äussern Reize auch da schon hinreichen, um eine so mannigfaltig wechselnde Bewegung hervorzubringen, dass ihr zu folgen die Analyse ausser Stand wäre; aber der Reichthum der Wirkungen wächst noch durch die Concurrenz der chemischen Verwandtschaften. Denn durch sie geschieht es, dass von einem bestimmten Zeitpunkt an die Wirkung der Reize nicht mehr nur quantitativ zunimmt, dass vielmehr neue heterogene Processe beginnen, weil das Substrat sich umgewandelt hat und den fortdauernden Reizen eine ganz andere Empfänglichkeit entgegenbringt; einzelne Bestandtheile, in gasförmigem Zustande aus dem Verbande der übrigen geschieden, treten durch Austausch mit der Umgebung auch räumlich aus dem Keime aus und machen

neuer Einfuhr Platz, welche den Mittelpunkten der Gestaltung neue veränderte Bedingungen des Wirkens zuführt; durch Entstehung und Gruppirung fester Stoffe, welche den enosmetischen Austausch beschränken, wird die werdende Gestalt nach gewissen Richtungen hin begrenzt, der weitere Ansatz nach anderen begünstigt.

270. Wir haben bisher die Bestandtheile des Keimes durch eine allgemeine Hülle von der Umgebung abgetrennt gedacht; das Wachsthum muss jedoch zu irgend einer Zeit und auf irgend eine Weise diese Begrenzung sprengen, und die einzelnen Bestandtheile treten jetzt unmittelbar in Berührung mit den äussern Bedingungen. In den meisten Fällen werden sie diesen ungleich ausgesetzt sein. Entständen aus einer Keimzelle auch zuerst nur völlig ähnliche Zellen in grösserer Anzahl, so würden sie sich nicht so anordnen können, dass nicht die äusseren Schichten andere Einwirkungen erführen, als die inneren, die oberen andere, als die unteren. Auch hierdurch würde der Bildungsfortschritt bald nach einer Hauptaxe und mehreren Nebenaxen sich verschieden gestalten. Noch bedeutender wird dieser Einfluss, weil von nun an die Unmittelbarkeit des Verkehrs mit den äusseren Bedingungen für viele Theile verloren geht, oder wenn sie früher überhaupt nicht bestand, nun in noch höherem Masse einzelne Theile sich als Zuleitungskanäle und Assimilationsorgane ausbilden, durch deren Vermittlung erst den übrigen Wachsthum und Fortbildung gesichert wird. Die Entwicklung z. B. eines Gefässsystems kann als eine neue Keimung angesehen werden, durch welche eine bewegungerzeugende Maschine in dem Inneren des ganzen Keims entsteht, und von deren Gestaltungsprocess Grenzen, Richtungen und Grössen des weiteren Ansatzes abhängen, der bei fortschreitendem Wachsthum immer weniger von der directen Gegenwirkung der übrigen Keimtheile gegeneinander und gegen das Aeussere bestimmt wird. Hierzu kommt endlich in der thierischen Organisation noch die Ausbildung des Nervensystems, das freilich weniger einleuchtend und nicht durch sichtbare mechanische Fortbewegung von Massen, wie das Gefässsystem, aber gewiss nicht minder einflussreich auf die Gestaltbildung einwirkt, indem es seine Verzweigungen ebenfalls nach einem eigenthümlichen morphologischen Verlaufsgesetze in die

Substanz der Theile senkt und neue, zerstreute, in ihrer gegenseitigen Lage aber doch bestimmte Bildungsherde entstehen lässt.

Dies Alles nun sind Möglichkeiten, deren Analogien in der Erfahrung aufzusuchen, wir uns später beschäftigen werden; keine von ihnen setzt übrigens Ungewöhnlicheres voraus, als wir im ausgebildeten Organismus häufig geschehen sehen. Gleichwohl reicht ihre Uebersicht hin, um die Unmöglichkeit darzuthun, der Verwicklung dieser Fülle von Kräften und Umständen durch eine mechanische Theorie nachzufolgen; die Aufgabe der Wissenschaft kann vielmehr vorläufig nur darin bestehen, beobachtend die Reihenfolge der Erscheinungen aufzusuchen, die sich bei der Entwicklung zeigen und die allgemeineren Typen des Verfahrens nachzuweisen, die hier in wiederholter und vielfacher Anwendung etwa vorkommen.

§. 25.

Die gestaltbildenden Stoffe.

271. Wie wenig die Gestaltbildung eines ganzen organischen Körpers sich mit dem Processe der Krystallisation vergleichen lässt, haben wir bereits nachgewiesen; aber man kann versucht sein, diese Vergleichung, die zur Erklärung des Ganzen nicht tauglich war, bei der Betrachtung der zusammensetzenden Theile zu wiederholen, indem man behauptet, dass den organischen Substanzen, die zur Bildung der Gewebe verwandt werden, ganz ebenso eine ihrer chemischen Zusammensetzung entsprechende Form zukomme, wie den unorganischen Körpern. Man muss sich jedoch hüten, durch solche Analogien, in denen natürlich stets ein gewisser Antheil von Wahrheit liegt, Unterschiede zu verdecken, die für die mechanische Betrachtung der Sache von Werth sind. In der That können wir sagen, dass die Fähigkeit, zu krystallisiren, die andere auszuschliessen scheint, zur Bildung organischer Gewebe verwandt zu werden. Im Thierkörper sind die Stoffe, die man zu der Gruppe des Proteins zu rechnen pflegt, so wie im Pflanzenkörper die Cellulose, nicht krystallisirbar; in beiden dagegen finden wir Fette und in dem letztern Zucker, welche Krystallform theils annehmen können, theils bereits im lebendigen Körper angenommen haben. Aber beide gehören nicht zu den gewebbildenden, sondern zu den im Stoffwechsel nur benutzbaren

Bestandtheilen des Organismus, und selbst diese Benutzbarkeit scheinen sie in den meisten Fällen, wo sie krystallisirt vorkommen, bereits eingebüsst zu haben, denn sie finden sich hauptsächlich als Ausblühungen auf der Oberfläche der Körper, durch die Verdunstung ihrer Lösungsmittel in krystallinischem Zustande zurückgelassen, oder sie sind durch einen ähnlichen Process der Concentration von Lösungssäften in dem Innern geschlossener Räume von theils normalem, theils abnormem Ursprung eingelagert, von wo aus sie in die allgemeine Bewegung des Stoffumsatzes nicht wieder eingehen. Ganz ähnlich verhalten sich die Salze namentlich in den Pflanzen, und jene eigenthümlichen Stoffe, die wie die vegetabilischen Alkaloide, sich durch die Bestimmtheit ihrer krystallinischen Gestalt häufig auszeichnen, aber für die organische Oekonomie nur als überschüssiges Material oder als Auswurfsstoffe in Betracht kommen. Ohne hier der mannigfaltigen Ablagerungsweisen unorganischer Krystalle im organischen Körper zu gedenken, können wir daher vor der Hand die Meinung mit Wahrscheinlichkeit aussprechen, dass die Molecularzustände, welche eine Krystallisation gestatten, nicht zugleich diejenigen sind, welche den Aufgaben eines morphogenetischen Stoffes entsprechen, und dass ihr Auftreten, ebenso wie die grössere Einfachheit der chemischen Zusammensetzung die Annäherung an das Unorganische bezeichnet. Allerdings lässt sich dieser Satz nicht mit völliger Gewissheit allgemein aussprechen; denn obgleich sich leicht begreift, dass wirkliche Krystallisation die Stoffe für die meisten Lebensfunctionen untauglich machen müsse, so lässt sich doch nicht entscheiden, ob histiogenetische Substanzen unter allen Umständen der Krystallisation unfähig sind. Allein, was auch die Eigenschaften sein mögen, welche sie unter andern Umständen erlangen können, so viel ist gewiss, dass sie unter den Bedingungen, unter denen sie im lebenden Körper stehen, nicht krystallisiren, und dass sie sehr wahrscheinlich Complexionen sind, die ohne Veränderung ihrer chemischen Natur überhaupt dieser Art der Gestaltbildung nicht fähig sind.

272. Man hat die organische Zelle einen imbibitionsfähigen Krystall genannt; aber mit dieser Vereinigung widersprechender Begriffe stiftet man keine grössere Klarkeit, sondern verdirbt die Betrachtung beider. Krystallisation bedeutet nicht Gestaltbildung

überhaupt, sondern eine so bestimmte Art derselben, dass sie jene Imbibitionsfähigkeit, die hier gemeint wird, nothwendig ausschliesst; die Zelle kann daher nur im Gegensatz zu dem Krystall als eine andere Art dem allgemeinen Begriffe der Gestaltung überhaupt untergeordnet werden, womit, da dieser Begriff noch gar keine Hindeutung auf die Art der mechanischen Verwirklichung enthält, nicht das Mindeste für die Erklärung gewonnen ist. Die Wahrheit jenes Ausspruchs ist daher nur diese, dass die organische Zelle sich vom Krystalle durch Imbibitionsfähigkeit unterscheidet. Und hieran, obgleich damit nicht vollständig der eigenthümliche Unterschied beider Arten der Gestaltbildung ausgedrückt ist, lässt sich doch das anknüpfen, was vergleichend über beide im Allgemeinen zu sagen ist. Die Körper krystallisiren, indem sie aus einem flüssigen Zustande in einen festen übergehen; die Form, welche sie hierbei annehmen, wird ihnen nicht durch äussere Kräfte, sondern durch die Molecularwirkungen ihrer einzelnen gleichartigen Theile vorgeschrieben, welche nur in einer einzigen, oder nur in wenigen, unter ein gleiches allgemeines mathematisches Gesetz fallenden Lagen ein Gleichgewicht finden. Dies Gleichgewicht ist stets so stabil und wird durch so beträchtliche Kräfte festgehalten, dass jeder Krystall als ein starrer Körper erscheint, dessen Continuität zwar zerbrochen, dessen Theilchen aber in ihren gegenseitigen Lagen nicht verschoben werden können. So lange die chemische Zusammensetzung des Stoffes nicht verändert wird, bildet der Krystall ein geschlossenes System, indem er keine von der allgemeinen Natur der Materie noch verschiedenen Kräfte nach aussen ausübt; kommt er dagegen in Berührung mit Stoffen, gegen welche er chemische Verwandtschaft besitzt, und die beweglich genug sind zur Wechselwirkung, also mit Flüssigkeiten, so wird in dem Masse, als er von ihnen durchdrungen wird, auch die Festigkeit seines Zusammenhalts erschüttert, und der starre Körper geht ohne einen Mittelzustand zunehmender Biegsamkeit oder Zähigkeit in einen flüssigen über. Diese Sprödigkeit, entweder eine bestimmte Form festzuhalten, oder den ganzen Aggregatzustand aufzugeben, unterscheidet die krystallinische Gestaltung gänzlich von der organischen, und scheint eine allgemeine Consequenz der Molecularwirkungen zu sein, die zwischen chemisch sehr einfach, meist

binär zusammengesetzten, und unter einander homogenen Theilchen eintreten. Nur wenige Phänomene von Zähigkeit oder Dehnbarkeit würden sich an Krystallen unorganischer Körper finden lassen, obgleich beide Eigenschaften bekanntlich ausser dem krystallinischen Zustande an Metallen und Metalloiden nicht ungewöhnlich sind.

273. Wir müssen dahin gestellt sein lassen, auf welchen Gründen specieller diese Natur der Krystalle beruht; aber wir finden, dass bei organischen Stoffen jene eigenthümliche Weichheit, Dehnbarkeit und Zähigkeit, durch welche sich ihre Formen auszeichnen, mit einer grösseren Mannigfaltigkeit der chemischen Zusammensetzung überhaupt, ferner mit dem Zusammenwirken heterogener Elementartheile, endlich mit der besonderen Art der Verwandtschaft zum Wasser zusammentrifft, welche den feuchten Zustand im Gegensatz zu dem trocknen selbst wasserhaltiger Krystalle hervorbringt. Zwar die mannigfaltigeren Zahlenverhältnisse der Aequivalente in den organischen Verbindungen würden für sich allein noch keinen deutlichen Grund für diese Besonderheit der Bildung enthalten. Nur eine ganz entschiedene Atomistik würde voraussetzen können, dass bei der grossen Anzahl der Bestandtheile, welche ein Aequivalent eines organischen Stoffes zusammenzusetzen pflegen, sich mehr als eine Lage des Gleichgewichts finden und demgemäss auch der Zusammenhang mehrerer Molecule unter einander weniger streng an eine bestimmte Form binden werde. Von deutlicherem Einflusse ist dagegen der Wassergehalt. Dieselben organischen Stoffe, die im feuchten Zustand jene Dehnbarkeit und Zähigkeit zeigen, sehen wir ausgetrocknet eben so spröde und brüchig werden, wie krystallinische Substanzen, und diese Veränderung der Eigenschaften wird bei ihnen so wenig als bei diesen durch dasjenige Wasser verhindert, das sie nach der Austrocknung noch chemisch gebunden enthalten. Die Function des Wassers ist daher in den organischen Formelementen eine andere, als die des Krystallisationswassers; auf der Beständigkeit seines flüssigen Zustandes scheint der Einfluss zu beruhen, den es ausübt, und der mithin nicht sowohl aus einer chemischen Affinität in gewöhnlichem Sinne, sondern vielmehr aus einer Adhäsionsverwandtschaft desselben zu den festen organischen Substanzen hervorgehen würde.

Wir stellen uns vor, dass das Wasser hier zwischen den feinsten Moleculen ungefähr so wie ein Cement wirkt, aber wie ein selbst flüssiges, so dass es durch seine Anziehung gegen die festen Theile diese selbst noch ausser ihrer eigenen Attraction zusammenhält, zugleich aber durch seine Beweglichkeit die Verschiebbarkeit ihrer gegenseitigen Lage vermittelt.

274. Bei dem Uebergang aus dem flüssigen Zustande in den festen sehen wir die organischen Substanzen, bei denen, wie bei Eiweiss und Faserstoff, diese Beobachtung möglich ist, geometrisch unbestimmte Formen annehmen, indem kleinste punktförmige Theilchen, deren genauere Gestalt so wenig als die der feinsten körnigen Niederschläge unorganischer Körper bekannt ist, sich zu Flocken, Schuppen und Fäden aggregiren. Aber aus einer solchen unmittelbaren Aneinanderlagerung der geronnenen Elemente in Linien oder Flächen gehen nur wenige und nur sehr untergeordnete Formbestandtheile des Organismus hervor. Sehr allgemein dagegen bilden sich die verschiedensten Theile erst aus der Gestalt der Zelle heraus, in welche jene elementaren Molecule sich zunächst zusammenordnen. Ein Theil der granulirten Materie ballt sich zu einem Kerne von etwas grösserer Ausdehnung zusammen, bildet den Ansatzpunkt für einen zweiten Niederschlag eines anderen Stoffes, und aus der vereinigten Wechselwirkung beider gegen einander und gegen das Wasser entstehen diese ersten blasenartigen Formelemente, zusammengesetzt aus einer structurlosen Umhüllungsmembran, einem Kerne, der meist mehrere kleinere Elemente, Kernkörperchen unterscheiden lässt, und einer Flüssigkeit, welche die Höhle des Innern ausfüllt. So dunkel nun auch der genauere Hergang der Entstehung der Zellen ist, so lässt sich doch ohne der späteren Betrachtung vorzugreifen, aus dem Erwähnten bereits der Unterschied entnehmen, der zwischen den hier wirksamen und den bei der Krystallisation thätigen Bildungskräften obwaltet.

275. Die Zelle ist, wo sie auch vorkommt, weder der erste Schritt des gestaltbildenden Processes, noch eine Form, die der Natur eines organischen Stoffes ebenso einfach entspräche, als die Krystallgestalt der chemischen Qualität eines unorganischen Körpers. In der Reihe der Bildungsprocesse gehen ihr die Granulationen und Kernbildungen voran, die Entstehung structurloser

Membranen zum Theil, zum Theil ist diese wenigstens ein einfacherer unter dem Einflusse der Zellenbildung und zugleich mit ihr geschehender Process. Die Zelle entsteht ferner nicht dadurch, dass homogene Theilchen einer und derselben Substanz bei ihrem Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand nur in einer bestimmten Lage zur Ruhe kommen könnten, sondern dadurch, dass verschiedenartige Stoffe theils einander, theils gemeinsam die Flüssigkeit anziehen, und dass für diese gleichzeitig wirksamen, sich durchkreuzenden Gegenwirkungen verschiedener Stoffe ein befriedigendes Gleichgewicht nur in einer bestimmten Vertheilung beider festen Substanzen gegen die Flüssigkeit zu finden ist. Die Zelle ist daher eine Aggregatform für ein System chemisch unverbundener, heterogener Substanzen, während der Krystall stets die Form einer homogenen Substanz ist, und nur zufällig heterogene Bestandtheile einschliesst. Sie ist daher auch keineswegs als eine Urform anzusehen, die für organische Substanzen eine Art natürlicher Gestalt wäre, sondern sie gehört einer bereits eingeleiteten Wechselwirkung zwischen verschiedenen Körpern an, wie solche im Leben überall vorkommt; sie ist deswegen auch kein starres System von dauerhaftem Gleichgewicht, sondern fortschreitenden Veränderungen unterworfen, die in einzelnen Fällen die Gestalt in ihren allgemeinsten Umrissen bewahren, in andern zu völlig neuen Formen überführen. Sie ist endlich eben deswegen auch keine unvermeidliche Form, durch welche der bildende Process bei der Zusammensetzung grösserer Bautheile des Körpers oder verwickelterer Gestalten stets seinen Weg nehmen müsste; sondern sie kann häufig fehlen, und die Entwicklung anderer Formen unmittelbar aus der amorphen granulirten Masse geschehen, in welche das festwerdende Flüssige stets zuerst gerinnt. Bei unserer Unbekanntschaft mit der Natur der Molecularkräfte ist es uns allerdings nicht möglich nachzuweisen, wie aus den erwähnten Gegenwirkungen grade die Form eines meist sphärischen Bläschens als die nothwendige Gleichgewichtsanordnung der differenten Massen hervorgehe; wir können dies um so weniger, weil wir von der Vertheilung der Materie im Innern der Zelle nur sehr ungenügende Kenntniss besitzen. Allein so viel glauben wir behaupten zu dürfen, dass diese Form gewiss nur das Resultat jener erwähnten Bedingungen ist, und

dass es nur ein neuer und motivloser Mysticismus ist, wenn man in der Form der Zelle ein geheimnissvolles und allgemeingiltiges Symbol des Organismus sieht, und diese sehr häufige Gestalt als eine überall nothwendige betrachtet.

276. Anderseits spricht diese häufige Verbreitung der Zellenform selbst gegen ihre Vergleichbarkeit mit krystallinischer Bildung. Es ist nicht wahrscheinlich, dass eine Form, die im Pflanzenreich aus Cellulose, im Thierreich aus den chemisch so weit von ihr abweichenden eiweissartigen Körpern gebildet wird, der einfache morphotische Ausdruck für die Natur so verschiedener Substanzen sei; sehen wir sie dagegen an als eine Gestalt, welche einem gewissen System von Anziehungen heterogener Körper gegen Flüssiges überhaupt entspricht, so ist es begreifich, dass sie an sehr verschiedenartigen Elementen sich zeigen kann, deren specifisch verschiedene Natur jetzt nicht, obwohl vielleicht bei der späteren Verwandlung der Zelle, von Wichtigkeit ist. Mulder hat in seiner physiologischen Chemie Betrachtungen über den gegenseitigen Zusammenhang von Form, Mischung und Function der organischen Bestandtheile versucht, die zwar, wie ohne Zweifel auch die unsrigen, ziemlich resultatlos an der Verschlossenheit dieses Gegenstandes herumirren, deren Tendenzen wir indessen doch nicht ganz billigen können. Dass ein Zusammenhang zwischen Form und Mischung so obwalte, dass mit einer Veränderung der chemischen Zusammensetzung auch eine Veränderung der Form eintreten müsse, so wie dass gleiche Zusammensetzung stets gleiche Formen erzeuge, dies sind Sätze, die in dieser Allgemeinheit schwerlich aus dem Grundsatze fliessen, dass gleiche Ursachen gleiche Wirkungen haben, und dass demgemäss jeder Formverschiedenheit ein materieller Unterschied zu Grunde liegen müssse. Vielmehr kann derselbe Stoff zu verschiedenen Formen auch durch abweichende äussere Lagen gedrängt werden, und die verschiedensten Stoffe können gleiche Formen erzeugen, weil die specifischen Eigenschaften, in denen ihr Unterschied besteht, bei der Gestaltbildung vielleicht überhaupt unwirksam, und nur andere thätig sind, die ihnen gemeinschaftlich zukommen. Dies letztere scheint mir bei der Zellenform der Fall zu sein, und die Verschiedenheit der Stoffe, aus denen diese besteht, übt ihre Wirkung wohl erst später aus, indem sie der

Wechselwirkung, in welche die Zelle nach aussen tritt, eine eigenthümliche weitere Richtung gibt.

277. Ehe wir weiter gehen, müssen wir noch einer Eigenschaft organischer Bildungen gedenken, welche sie von unorganischen Krystallisationen unterscheidet, nämlich der Begrenztheit ihrer Mass- und Zahlenverhältnisse. Allerdings ist dieser Unterschied nicht vollkommen streng zu fassen, noch weniger deutlich sind seine Ursachen, aber ohne Zweifel wird er für eine spätere morphologische Theorie von Bedeutung sein. Der unorganische Krystall hat kein bestimmtes Grössenmass, wie etwa ein thierischer oder viele pflanzlichen Körper; die Aggregation der gleichartigen Theilchen kann vielmehr zu Endgestalten von häufig gar sehr abweichender Grösse führen. Allerdings lieben es einzelne Mineralien, in mikroskopisch feinen Krystallen anzuschiessen, während andere bei nicht entschieden hemmenden Umständen leicht umfänglichere Dimensionen annehmen; aber diese Beschränkung auf gewisse Massverhältnisse hängt von den Nebenumständen ab, welche den Uebergang jedes einzelnen Stoffes zur Starrheit in eigenthümlicher Weise begleiten. Die meisten Formationen der organischen Stoffe, wie die Zellen und die Faserbildungen, zeigen dagegen ziemlich feste Grössen und Durchmesser, oder wo sie sich weiter entwickeln, gewisse Maxima, über welche hinaus ihre Gestalt nicht ohne gänzliche Veränderung wächst. Diese Grössen sind noch mikroskopische; sehr früh tritt daher zwischen den zusammenwirkenden Theilen ein Gleichgewicht ein, welches das kleine System derselben zu einem Ganzen abschliesst, und den weiteren Aufbau der Gestalt nur noch auf dem Wege der Apposition ähnlicher Elemente geschehen lässt. Die Mikrometrie kann bei Gebilden, die in verschiedenen nicht leicht zu unterscheidenden Entwicklungsstufen verschiedene Grössen besitzen, und deren chemische Zusammensetzung mit ihrer Mannigfaltigkeit feiner Unterschiede gewiss auch ähnliche Verschiedenheiten der Form bedingt, unmöglich schon so vollendet sein, dass sie ein festes Mass für jede Zellengattung nachzuweisen vermöchte. Aber so enge liegen doch auch die beobachteten Grössen schon neben einander, dass man aus ihnen auf die Existenz eines solchen und damit auf das Vorhandensein eines sehr characteristischen Zuges der organischen Gestaltbildung schliessen kann.

278. Bei den Pflanzen sind die einzelnen Bestandtheile der untergeordneten Ganzen, die wir in ihnen als das Analogon der Individualität betrachten müssen, bei den Thieren die meisten Theile des Körpers der Zahl nach bestimmt. Ob schon in den Elementartheilen der Gestaltbildung ähnliche Verhältnisse vorkommen, ist nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Die Anzahl der Kernkörperchen, aus denen der Kern einer thierischen Zelle besteht, ist meist zwischen 2 und 5 eingeschlossen und variirt für einzelne Arten der Zellen in noch engeren Grenzen. Man kann freilich einwenden, dass es ein unwahrscheinlicher Fall sein würde, wenn die ganze Menge des Stoffes, aus dem die Bestandtheile einer und derselben Zelle gebildet sind, sich nur in einem einzigen ununterbrochenen Aggregat ansammelte, und dass bei der geringen Ausdehnung der Zelle es ebenso unwahrscheinlich sein würde, wenn diese Masse in sehr vielen einzelnen Flocken oder Tropfen sich sonderte, so dass in der That die beobachteten Anzahlen die wären, die man eben, ohne irgend eine besondere Bildungstendenz in jenen Stoffen anzunehmen, als die wahrscheinlichsten Zufälle etwa voraussetzen könnte. Allerdings reichen die beobachteten Thatsachen nicht zur völligen Widerlegung dieses Einwurfs hin; aber sie erhalten wenigstens vielen Anspruch auf eine Deutung in diesem Sinne, da sie sich ganz natürlich als eine Vorandeutung derselben Gesetzlichkeit darstellen, die sich später im Baue der ganzen Gestalt bemerklich macht. Wir haben in einem früheren Abschnitte bereits erwähnt, wie von der Anzahl differenter Punkte, die sich in einem Keime schon gebildet finden, die Richtung und die Anordnung der spätern Entwicklungsaxen bestimmt werden kann; in Formelementen, die zur Grundlage einer solchen bestimmten Gestaltbildung dienen, würden wir daher eine solche gesetzmässig beschränkte Anzahl von wirksamen Punkten mit Wahrscheinlichkeit voraussetzen; in andern Fällen, da wo Zellen nur zur Herstellung oder zum Ersatz von Gewebtheilen verwendet werden, sehen wir bis jetzt allerdings keine Nothwendigkeit einer solchen beständigen Zahl. Es lag uns jedoch überhaupt nicht daran, diese Zahlenverhältnisse als eine wirkliche Eigenthümlichkeit der organischen Gestaltelemente aufzustellen, sondern nur auf sie als auf einen Punkt aufmerksam zu machen, in welchem sich leicht

eine bestimmtere Gesetzlichkeit und eine grössere mechanische Wichtigkeit für die Gestaltbildung finden könnte, als wir gewöhnlich anzunehmen geneigt sind.

279. Die bekannte Beobachtung von Ascherson, dass Fetttröpfchen in Eiweiss sich mit einem Häutchen von verdichtetem Eiweiss umkleiden, galt einige Zeit als der Schlüssel zur Theorie der Zellenbildung, obgleich Nichts einer lebensfähigen organischen Zelle oberflächlicher ähneln kann, als dieses entwicklungslose Resultat der blossen Berührung heterogener Fluida, dessen Entstehung höchstens mit einem einzigen Momente in der Bildung einer Zelle verglichen werden könnte. Wären diese organischen elementaren Formen gleich den Krystallen nur von den immanenten Kräften einer homogenen Substanz abhängig, so müsste man sie wohl zwar nicht so häufig, aber doch auch nicht viel seltener entstehen sehen, als die oft zu beobachtenden Niederschläge punktförmiger oder flockenartiger Gerinnsel. Aber selbst Mischungen, in denen alle zur Zellenbildung nöthigen Elemente vorkommen, hat man ausserhalb des lebenden Körpers nie Bildungen erzeugen sehen, die denen ähnlich wären, welche sie innerhalb des Organismus, von dem sie stammen, hervorgebracht haben würden. Man kann leicht jene Gemische einer Temperatur aussetzen, gleich der, welche die Bildung im Körper begleitet, aber ausser dem Bereiche schon organisirter Stoffe wird man sie stets nur in Fäulniss, nicht in normale Gestaltung, obgleich zuweilen zur Erzeugung anderer Bildungen, wie die der Gährungszellen, übergehen sehen. Selbst im lebendigen Körper zeigen die plastischen Stoffe der Säfte keine so eilige Neigung zur Gestaltbildung, so dass jedenfalls ein grosser Theil der Bedingungen, welche zu ihr nöthig sind, ausserhalb der chemischen Constitution derselben liegen muss. Diese Unfähigkeit der Kunst, die Bestandtheile des Körpers zur Gestaltung zu bringen, ähnlich der anderen, ihre chemische Zusammensetzung herbeizuführen, ist immer ein verlockender Grund gewesen, wenigstens hier noch einmal an die Stelle physisch wirkender Kräfte eine nach andern Gesetzen wirkende lebendige Kraft, einen eigenthümlichen Bildungstrieb zu setzen. Aber die einmal erkannte Unmöglichkeit dieses Auswegs nöthigt uns zu anderen Ansichten.

280. Eine richtige Auffassung dieser organischen Formele-

mente wird hauptsächlich dadurch gestört, dass man sie als blosse Formen, abgetrennt von den Functionen, durch die sie entstehen, und die sie ausüben, betrachtet. Aber sie unterscheiden sich gänzlich von jenen Gestalten, welche der Ausdruck eines beständigen Gleichgewichts unveränderlicher Kräfte, und deswegen nach einer kurzen und einförmigen Bildungsgeschichte zu jeder weiteren Function unfähig sind. Ausser diesen Gestalten, zu denen wir die hier so verhängnissvoll gewordenen Krystalle rechnen müssen, gibt es andere, die auf ganz entgegengesetzten Verhältnissen beruhen. Wenn ein Wasserstrom durch einen passenden Widerstand zu einer Wirbelbewegung genöthigt wird, so bildet die trichterförmige Wand des Wirbels eine Gestalt, die, obwohl sie längere Zeit sich beständig erhält, doch den beständigen und immanenten Kräften des Wassers weder angemessen ist, noch ihnen ihre Entstehung verdankt. Das Wasser würde durch seine Schwere und Beweglichkeit vielmehr einzig nach horizontaler Oberfläche streben. Die Trichtergestalt ist daher eine erzwungene, und sie entsteht aus den Geschwindigkeiten und Richtungen, die durch den wirbelerzeugenden Anstoss, also von aussen, den einzelnen Wassertheilchen mitgetheilt worden sind, und zum Theil aufhebend auf die Bewegungen einwirken, welche die Schwere hervorrufen würde. Unser Planetensystem zeigt in jedem Augenblicke eine gegenseitige Stellung und Bewegung der einzelnen Körper, die durchaus nicht das Resultat der ihnen immanenten Kraft der Attraction ist, die vielmehr ganz anders sein würde, wenn nicht die Wirkungen dieser Kraft beständig durch die Nachwirkung einer den Himmelskörpern ursprünglich mitgetheilten Bewegung verändert würden. Auch diese Gestalt der Bahnen ist daher in Beziehung auf die Natur der kreisenden Sterne eine erzwungene, d. h. sie ist der combinirte Ausdruck dessen, was in ihrer Natur liegt, und äusserer bedingender Umstände. Dies sind daher auch Gestalten, deren Dauer nur durch beständige Bewegung möglich ist; hörte einmal die mitgetheilte Bewegung auf oder würde durch eine entgegengesetzte aufgewogen, so würde die ganze Form des Daseins sich vollständig ändern, indem nun diejenige hervorträte, die dem ausschliesslichen Wirken der beständigen immanenten Kräfte angehört.

281. Ob nun bei Gestaltbildungen in der Natur irgendwo

eine solche Beseitigung aller äusseren Einflüsse stattfinde, wagen wir nicht zu entscheiden; aber offenbar stehen diesem einfachsten Falle die Krystallbildungen am nächsten, während die organischen Gestaltungen von ihm sehr entfernt sind. Krystallisationen geschehen aus Lösungen oder Schmelzungen, in denen eigenthümliche oder entgegengesetzte Bewegungen der einzelnen Theilchen nicht vorkommen, oder wo sie vorkommen, stören sie bis zu ihrer Ausgleichung die Krystallisation und verhindern wenigstens die Entstehung grösserer Krystalle. Gleichmässige Concentration der Lösung, gleichmässige Erwärmung oder Erkaltung und Ruhe, also möglichste Uebereinstimmung der Zusammensetzung und der statischen Nebenlagerung der Theilchen gehen hier der Formation voraus, und erlauben denselben sich in der Gestalt zu sammeln, die ihren immanenten und beständigen Anziehungskräften Befriedigung gewähren kann. In dieser Lage erstarren sie und sind für jede Weiterentwicklung abgeschlossen. Bei so unvollkommnen Kenntnissen, wie wir sie bis jetzt über die organische Morphologie haben, kann man nun freilich nicht behaupten, dass als Gegenbild hierzu die organischen Formelemente Beispiele jener andern Gattung, der erzwungenen Gestalten, seien. Aber vieles drängt uns doch, in einer Hypothese dieser Art den Grund zu ihrem eigenthümlichen Verhalten zu finden, und zu glauben, dass diese Formen nur entstehen und sich nur erhalten, sofern und so lange den organischen Massentheilchen eine bestimmte Summe von Bewegungen von aussen mitgetheilt wird. Sie werden Entwicklungsveränderungen erleiden, sobald diese äussern Bedingungen sich entweder ändern, oder sobald ihre frühere Einwirkung Folgen zurücklässt, welche die spätere modificiren; sie werden sich auflösen, sobald die Summe der zusammenwirkenden Bedingungen durch ihre Veränderlichkeit es mit sich bringt; sie werden endlich zu einem festen Gleichgewicht gelangen, und dadurch meist für alle Function untauglich werden, wenn die aufregenden Bewegungsreize sich ausgeglichen haben.

282. So lange eine solche Spannung verschiedener Elemente, wie wir sie hier der Gestaltbildung zu Grunde gelegt haben, nur etwa aus dem Conflict einer anziehenden Kraft und räumlicher mitgetheilter Geschwindigkeiten nach bestimmten Richt-

ungen hervorgebracht wird, können wir uns ihre Entstehung und die Gründe, auf denen ihre Fortdauer beruht, vollkommen veranschaulichen. Das Planetensystem ist ein Beispiel einer solchen aus beweglichen Elementen gebildeten Gestalt, freilich wegen der Kleinheit der Elemente im Vergleich zu ihren ungeheuren Entfernungen in seinem äussern Ansehn wenig ähnlich jenen andern Systemen, die wir ausschliesslicher Gestalten nennen, in denen Theilchen an Theilchen liegt, und zwar, wie wir uns ohne eigentlichen Grund vorstellen, in beständiger Ruhe. Allein die Umstände, welche die Entstehung eines organischen Formelementes begünstigen, sind von zusammengesetzterer Art. Wenn eine plastische Flüssigkeit ausserhalb des Körpers fault, innerhalb desselben aber sich gestaltet, so wird Niemand so leicht glauben, der Einfluss der organisirten Umgebung, dem wir im letzteren Falle das günstige Ergebniss zuschreiben, bestehe in räumlichen Bewegungen nach bestimmten Richtungen, welche durch ihn den kleinsten Theilchen des plastischen Exsudats mitgetheilt würden. Zwar mögen auch solche Einwirkungen vorkommen, allein eine weit grössere Wichtigkeit vermuthen wir in andern, durch welche die schon organisirten Formtheile den inneren Zustand der molecularen und chemischen Kräfte des noch zu organisirenden Stoffs verändern und dadurch eine sonst fehlende Tendenz zu bestimmter Gestaltung entzünden. Liebig hat diesen noch sehr dunklen Eingriffen eines Stoffs in den andern den Namen der chemischen Bewegung und ihrer Mittheilung gegeben, der sehr bequem die Stelle bezeichnet, welche die Zukunft durch Untersuchungen wird auszufüllen haben.

283. Es versteht sich nun von selbst, dass diese äusseren mitbestimmenden Einflüsse in verschiedenen Fällen von äusserst verschiedenem Werth sein können. Je weiter die Gestalt, welche zum Dienste des organischen Lebens aus irgend einer Substanz erzeugt werden soll, von der freiwilligen Gestalt entfernt ist, die aus der blossen Gegenwirkung der immanenten Kräfte derselben hervorgehn würde, um so mehr wird das schon bestehende Leben der umgebenden Theile durch solche bestimmende Einflüsse die Bedingungen ihrer Erzeugung vervollständigen müssen; je einfacher sie ist und je verwandter der freiwilligen Form, um so weniger wird dies nothwendig sein. Wenn wir deshalb niemals

beobachten, dass die höheren Ausbildungen von Geweben sich ausserhalb beständiger Berührung mit einem schon vorhandenen Organismus bilden, so kann es uns doch nicht befremden, Fälle zu finden, wo sehr einfache Zellenbildungen sich in der That als freiwillige Gestalten eines Stoffs ohne Mitwirkung eines schon bestehenden Organismus entwickeln. Wir erinnern in Bezug hierauf nur an die Entstehung der Hefenzellen, über welche bei der Betrachtung der Fortpflanzungsweise und der generatio aequivoca die hier angedeuteten Bemerkungen weiter auszuführen sein werden. Für unsere gegenwärtige Untersuchung ist es jedoch nöthig, hinzuzufügen, dass auch diese Bildungen, wenn gleich sie nicht aus einem Organismus entstehen, doch nicht als völlig freiwillige Gestalten anzusehen sind, denn sie entwickeln sich nur aus Flüssigkeiten, in denen eine chemische Veränderung fortwährend vor sich geht, und wahrscheinlich von ihnen unterhalten wird, so dass bestimmende Einflüsse von aussen im Allgemeinen gewiss vorhanden sind.

284. Auf Vermuthungen, Ahnungen und Bilder beschränkt, haben wir den Mechanismus, durch den die Gestalt des Körpers entsteht, jetzt bis zu dem Punkte zu verfolgen gesucht, wo die erste eigenthümliche organische Form, die der Zellen erreicht ist. Betrachten wir diese, absehend einstweilen von denjenigen Theilen, die nicht aus Zellen entstehen, als die Bausteine, die zu dem Aufbau des Ganzen verwandt werden, so ist der Mechanismus der weiteren Zusammenfügung zwar in seinen anschaulichen Formen besser gekannt, aber die Kräfte, durch welche diese Entwicklungsweise bedingt wird, kennen wir ebenfalls noch nicht. Nur weniges kann daher hierüber bemerkt werden. Zuerst dies, dass es eben eine Entwicklung ist, die wir vor uns haben, nicht aber eine blosse Zusammenfügung fertiger Theile, wie sie die Bildungsweise unserer Kunstwerke ist. In unorganischen Formbildungen der Natur pflegt die chemische Constitution der Elemente, die ganze Summe ihrer innern Zustände abgeschlossen zu sein, wenn sie sich gestalten, und sie thun dies, indem sie mit den Resultanten ihrer abgeschlossenen Bildungsbewegung, oder wenn man lieber will, mit jenen ewigen und unveränderlichen Kräften aufeinander wirken, die ihnen als Massen überhaupt gehören und durch jene inneren Zustände nicht berührt werden.

Die organische Gestalt dagegen ist eigentlich gar nicht das, was wir stillschweigend unter Gestalt zu verstehen pflegen, ein System der Ruhe von Elementen an bestimmten Plätzen, sie ist vielmehr eine Form der Bewegung von Elementen, die an einzelnen Punkten mit bemerklicher Schnelligkeit, an andern so langsam geschieht, dass sie sich der gewöhnlichen Anschauung ganz entzieht. So wie wir früher das Leben im Ganzen einem Strudel von langsam veränderlichem Umrisse vergleichen konnten, so bildet sich auch die Gestalt des lebendigen Körpers nicht, indem an ruhenden Theilchen andere zur Ruhe kommen, sondern durch einen fortgesetzten Lebensprocess des schon Bestehenden, das in beständiger Wechselwirkung mit neuem Material dieses ebenso sehr formt, als von ihm in seiner eigenen Form verändert wird.

285. Die Umwandlungen, welche im Verlaufe dieser Bildung die Zellen erfahren, sind sehr mannigfaltig; sie lassen theils den allgemeinen Umriss der Zellenform bestehen, theils ändern sie ihn völlig. Ueber den Mechanismus dieser Fortbildung besitzen wir keine Kenntnisse. Man vergrössert jedoch unnöthig die Dunkelheit dieser Verhältnisse eben durch die Vorstellung, als sei die Zelle eine Form der Ruhe, in welcher die plastischen Stoffe ihre angemessene Gleichgewichtslage gefunden hätten. Unter dieser Voraussetzung freilich bedürfte es ganz besonderer von aussen hinzukommender Reize, um sie von neuem und zwar nach so verschiedenen Richtungen in eine Bildungsbewegung zu drängen. Wäre es auch wirklich zu erweisen, dass genau aus derselben Form sich späterhin sehr verschiedene weitere Gestalten entwickeln, so liesse sich doch eine solche Tendenz noch in ganz mechanischer Weise, unseren früheren Betrachtungen gemäss begreiflich machen. Sehr verschiedenartige Gruppen von Bewegungen können in ihrem Verlaufe leicht momentan zu gleichen oder wenigstens sehr ähnlichen Zuständen führen, während sie hinter diesem Punkte, in welchem sie sich gleichen, wieder zu sehr abweichenden Folgen divergiren. So löst die Wärme die specifischen Krystallgestalten der mannigfachsten Körper zu einem Schmelzungsflusse auf, der keine Andeutung jener unterschiedenen Formen mehr enthält, die wieder hervortreten, sobald die Abkühlung den besonderen Kräften der Substanzen sich wieder geltend zu machen erlaubt. Leicht könnte so auch in dem Bild-

ungsprocesse sehr verschiedener plastischer Substanzen ein Stadium eintreten, in welchem ihnen allen die Zellenform als ein Durchgangspunkt nothwendig würde, aber sie würden in diesem Punkte nicht ruhen, sondern mit den Geschwindigkeiten und Richtungen der Bildungsregsamkeit, mit welchen sie in ihn eintraten, würden sie jenseits desselben fortgehn und in differente Gestaltungen von neuem auseinanderweichen. Man muss jedoch überhaupt bedenken, dass die Voraussetzung, von der wir ausgingen, schwerlich auch nur annähernd richtig ist. Unsere anschauliche Kenntniss dieser einfachsten Formelemente ist noch so unvollkommen, dass wir unter den allgemeinen Umriss der Zelle gar manches ohne Zweifel subsumiren, was durch feinere Formunterschiede getrennt ist. In ihnen würde der Grund zu der abweichenden Weiterentwicklung liegen und wir würden nicht nothig haben, ihn, abgesehen von der wirklichen Gestalt, einzig in den fortwirkenden Bedingungen ihrer ersten Entstehung zu suchen. Dennoch halten wir diese Betrachtung nicht für ganz verloren, denn ohne auf factische Erledigung einer Schwierigkeit gerichtet zu sein, sollte sie hauptsächlich an diese Auffassungsweise, die für die organische Morphologie von Wichtigkeit ist, gewöhnen, dass hier überhaupt Formen ohne ihre Entstehungsgeschichte auch in ihrer weiteren Entwicklung unbegreiflich sind, und dass die Form in jedem Augenblicke das nahere oder entferntere Resultat von Functionen ist, d. h. nicht blos von beständigen Kräften, sondern auch von Processen und Lagen, in welche die sich bildenden Theile gebracht sind. Dieser Satz ist nicht gleichbedeutend mit der oft ausgesprochenen Bemerkung, dass der Bau organischer Theile ohne Kenntniss ihrer Entwicklungsgeschichte unverständlich sei. So richtig dies ist, so reicht doch die blos anschauliche Kenntniss des äussern Aussehens jener verschiedenen Formen, die jeder Theil in seiner Entwicklung durchläuft, zu einer Erklärung seines Baues nicht hin, vielmehr muss man hinzufügen, was eben der Sinn unserer Behauptung ist, dass die realisirenden Kräfte selbst nicht beständige, sondern Functionen der Entwicklungsbewegung sind.

§. 26.

Vom Plane der organischen Gestalten.

286. Unsere Zeit ist reich an Versuchen, der Herrschaft der Rechnung alle jene physischen und psychischen Probleme zu unterwerfen, in denen zwar auch alle Vorzeit eine gewisse mathematische Gesetzmässigkeit voraussetzte, ohne jedoch den Muth zu haben, da die Ausführung anzufangen, wo die Sicherheit der Anknüpfungspunkte fehlte. Die in ihrer wahren Anwendung so bewundernswürdigen Methoden der neueren Mathematik, unbestimmte Grössen in vielfacher Beziehung dem Calcül zu unterwerfen, schienen diesen Bestrebungen grossen Vorschub zu gewähren. Leider lösen ihre scheinbar mathematischen und scheinbar neuen Resultate sich bei näherer Betrachtung zu oft in Sätze auf, deren Unbestimmtheit sie kaum für mehr gelten lässt, als für unbehilfliche Formelausdrücke noch gar nicht hinlänglich überschauter Thatsachen. Es ist nicht schwer dergleichen zu beginnen, denn die Hilfsmittel, den geringfügigsten Beobachtungen einen mathematischen Ausdruck zu geben, sind weder schwer zu finden, noch selten; aber viel nothwendiger ist es, in der Natur der Sache, die man untersucht, den Möglichkeiten nachzuforschen, welche sie einer bestimmten Anwendung der Mathematik gestattet, und die physischen Zusammenhänge zuerst in ihrer Lage, Richtung und Bedeutung zu studiren, um zu wissen, welche Constructionen und welche neue oder alte Abstractionen der Mathematik an jedem Orte passend und durch das Wesen des Gegenstandes gefordert sind. Auch die Morphologie, ehe sie Formeln aufzustellen versucht, wird wohl thun, sich über die Art der Gesetzlichkeit zuerst aufzuklären, die in den Gegenständen ihrer Betrachtung herrscht, und von der unfehlbar die Gestaltung ihrer zweckmässigen ersten Abstractionen abhängt.

287. Die Eigenthümlichkeiten und die Grössen der Molecularkräfte zwischen den einzelnen Theilen einer bildsamen Masse lassen mehrere Klassen von Gestalten zu, je nachdem sie in mehreren oder nur in wenigeren, vielleicht nur in einer einzigen Lage zum Gleichgewicht kommen können. Aus der Wechselwirkung aller dieser Kräfte kann zuerst eine Bildungstendenz hervorgehen, deren einzige Gesetzlichkeit in einem Typus der Anla-

gerung zweier nächsten Theilchen besteht, ohne je einen nothwendigen Abschluss, oder einen bestimmten Umriss der Gestalt herbeizuführen. So könnte z. B. der Winkel, unter welchem sich ein Längenelement an das andere setzt, constant sein, aber es würde von äussern Umständen abhängen, wie vielfach dieser Ansatz wiederholt würde, und ob er flächenförmig sich beschränkte, oder auch in einer dritten Dimension des Raumes zu Stande käme. Daraus würden Gestalten von einer sehr einfachen und sehr strengen Construction, aber von ausserordentlicher Verschiedenheit der Grösse und der Umrisse im Ganzen hervorgehn, und sie können uns als anschaulichstes Muster eines blos gesetzlichen, aber planlosen Bildungsstrebens dienen. Man findet diese Aggregatform häufig, in den Formen z. B., in welchen sich kleine Krystalle oder krystallisirbare Stoffe in den sogenannten Efflorescenzen aneinander legen. Unter den günstigsten Bedingungen, welche allen Ansatz gestatten, der überhaupt dem Gesetze nach möglich ist, entsteht daraus eine allerdings auch ihrem Umrisse, aber niemals ihrer Grösse nach bestimmte Gestalt. Dieser Bildungsweise entgegengesetzt lässt sich eine andere denken, in welcher die ursprüngliche Bestimmtheit in der Anzahl gewisser Theile liegt, während die Gesetzlichkeit der Lagerung und der Umriss der ganzen Gestalt secundär theils von den Gegenwirkungen dieser Theile, theils auch von äusseren Umständen abhängt. Eine solche Bestimmtheit ist hauptsächlich da zu vermuthen, wo ein Organismus aus einer Menge differenter Bestandtheile zusammengesetzt ist; denn hier wird nicht jeder einzelne Theil beliebig wachsen können, sondern so, dass, wie in chemischen Formeln, zugleich mit ihm ein Aequivalent der anderen wächst, wodurch allein ein ursprüngliches Verhältniss der Organisation festgehalten werden kann. Gleichwohl wird diese Art der Gestaltbildung doch nur in untergeordneter Weise vorkommen. Ist nämlich eine Anzahl von Theilen bestimmt, die zusammentreten sollen, so ist damit auch schon eine nicht allzugrosse Anzahl von Lagen bestimmt, in denen sie sich verbinden können; und was hierin noch unbestimmt ist, wird meist dadurch entschieden, dass die Theile des Körpers ja niemals aus einem vollkommen zusammenhanglosen Zustande erst zusammentreten, sondern vielmehr in irgend einem Keime schon so ver-

bunden sind, dass unter den vielen Möglichkeiten einer Vereinigung, die ihrer Natur im Allgemeinen noch gelassen sind, doch nur eine sich befindet, die zugleich den Umständen angemessen ist. Mit einer bestimmten Anzahl der Theile ist daher in der Regel auch eine bestimmte Lagerung derselben und damit auch eine feste anschauliche Form verbunden, in der nur Modificationen von geringerer Amplitüde vorkommen. Diese nämlich sind unvermeidlich, weil die organischen Gestalten einen langen Entwicklungsgang zu durchlaufen haben, und bei der Dehnbarkeit und Zähigkeit ihrer Stoffe auch das schon Gebildete den äussern Einflüssen bis zu gewissem Grade weicht, und dadurch die Bildungsbasis für spätere Formationen etwas verschiebt.

288. Wenn nun eine arithmetische Gesetzlichkeit der Bildung von wenigem Belang für die Betrachtung der Gestalten einer und der nämlichen Gattung ist, da sie in ihnen durch eine stets mit ihr verbundene stereometrische Aehnlichkeit der Umrisse verdeckt wird, so gewinnt sie doch gerade für die Morphologie viel grössere Wichtigkeit durch die Vergleichung verschiedener Gattungen. Die äusseren Körperumrisse sind unendlich verschieden; es würde eine überaus leichtsinnige und ausschweifende Hypothese sein, wenn Jemand behaupten wollte, es lasse sich dennoch eine Formel aufstellen, in welcher, wie in einer Gleichung für einen durch krumme Flächen begrenzten Körper, jegliche Thiergestalt enthalten sei, und aus der sich durch allmähliche Bestimmung der unbestimmt gelassenen Coefficienten und Exponenten, die Gleichungen für die einzelnen Gattungen, die Arten und Unterarten ableiten liessen. Es reizt mich keineswegs, diese so oft gepriesenen Hoffnungen hier weiter zu beschreiben oder ausführlich zu bestreiten, so lange der unbefangene Ueberblick der Erfahrungen mich auf einen ganz andern Weg der Berechnung hinweist. Die äusseren Körperumrisse lassen sich allerdings, so lange wir bei verwandten Gattungen bleiben, sehr häufig mit Leichtigkeit auf eine gemeinschaftliche Grundgestalt zurückdeuten, die sich durch Veränderung einzelner Dimensionen mannigfach verwandelt, und so lange man diese bescheidenen Vergleichungen im Auge hat, mochte ich die Realisirbarkeit jener Gleichung nicht bestreiten, obwohl ich sie noch immer für eine blos descriptive, nicht für eine morphologisch

erklärende, nur für eine zur Diagnose der Geschöpfe taugliche, nicht für eine Aufklärung ihrer Gestaltungsgesetze halten könnte.

289. Das nämlich, was aus den Erfahrungen einleuchtend hervorspringt, ist die viel grössere Constanz der Organe, im Gegensatz zu der der Formen. Gewisse Bedürfnisse sind allen lebendigen Organisationen gemeinschaftlich, aber meist für jede einzelne in einer besondern Weise modificirt; eine gewisse Anzahl von Organen wesentlich analoger Art ist daher ein nothwendiger Bestandtheil jedes organischen, wenigstens jedes thierischen Körpers von höherer Entwicklung; diese Organe sind aber die Masse, welche die Körperform bildet, ihre Analogien müssen sich in den Aehnlichkeiten dieser äussern Formen bei verschiedenen Gattungen spiegeln, aber auch ihre Verschiedenheiten müssen in Unterschieden der Körperumrisse sich ausdrücken. Es kann nichts verkehrter sein, als organische Gestalten gleich mathematischen zu behandeln. Die mathematischen Linien und Flächen haben keine Entwicklungsgeschichte und keine Eingeweide; sie sind nur Wiederholungen einer Proportion zwischen Abscisse und Ordinate, die durch specifische Coefficienten allerdings unendlicher Variationen fähig, die einzelnen Gattungen der Curven aus sich ableiten lässt. Aber die organische Gestalt ist nicht eine blosse Raumfigur, nicht der Ausdruck eines mathematischen Verhältnisses zwischen zwei oder mehreren Raumpunkten, oder zwischen den Incrementen mehrerer Linien, sie ist vielmehr der Ausdruck physischer Gegenwirkungen von Theilen, deren Zahl, Grösse und Anordnung durch Rücksicht auf Lebensfunctionen, Bedürfnisse, und durch die Idee einer Gattung bestimmt ist.

290. Was hieraus folgt, will ich durch ein sehr einfaches Gleichniss zu erläutern suchen. Lassen wir eine etwas complicirte Maschine mit der ganzen Mannigfaltigkeit ihres Gestänges so gegen die Sonne aufgestellt sein, dass sie ihren Schatten auf eine leere Wand wirft. Diesem Schatten ist die Körperform zu vergleichen, sie ist der Abdruck von Verhältnissen, die nicht ursprünglich zwischen den räumlichen Punkten des Körpers, sondern zwischen den Functionswerthen derselben für die Aufgaben des Lebens statt haben, in der äussern Form aber sich ebenso abbilden, wie die Verhältnisse der Maschinentheile in ihrem Schatten. Niemand wird nun so leicht, um den Bau der Maschine zu

verstehen, die Dimensionen ihres Schattens ausmessen; aber sei dies noch, so lassen wir die Maschine sich in Bewegung setzen, und den Schatten dieser Bewegung folgen. Das bedeutet in unserm Gleichnisse, wir lassen die inneren Lebensbedingungen wechseln und nach und nach die Werthe annehmen, welche sie in verschiedenen Gattungen des Lebendigen haben, und beobachten, wie sich damit auch der Schatten, die räumliche Körpergestalt, ändert. Wer nun will, mag es versuchen, aus der blossen Beobachtung und Vergleichung dieser Schattenphasen, die sich unaufhörlich ändern, eine Gleichung herzuleiten, aus der sich für jeden Moment die zusammengehörigen Dimensionen bestimmen lassen. Ob man damit je zu Stande kommen würde, lassen wir dahin gestellt, uns aber reizt diese Schattengleichung nicht, denn der rechte Weg liegt zu offenbar vor uns, der nämlich, die Gleichung für das Reelle, für die Maschine selbst zu entwerfen, und aus ihr zu berechnen, wie sich unter verschiedenen Stellungen ihrer beweglichen Theile zur Lichtquelle auch ihre Schattengestalt ändern muss. Wer nicht ganz vergisst, dass die organische Körpergestalt keine blosse Gestalt, sondern die Umgrenzung einer inneren Organisation ist, der wird denselben Weg gehen müssen. Die meisten aber übersehen, dass der Körper ein erfüllter Raum ist, dessen Inneres durch eine für das Aeussere massgebende Structur ausgefüllt ist, und daher vergnügt man sich an der Hoffnung, eine Gleichung für die Körperform als blosse Form zu finden, und an der Phantasie, durch Veränderung einiger Coefficienten die Krebsoberfläche in eine Spinnenoberfläche umzuwandeln. Könnte man nun auch damit je zu Stande kommen, so würde man doch an einer solchen Formel, welche die Verhältnisse der Resultate allein combinirt, die bewirkenden Kräfte dagegen ausser Acht lässt, niemals eine erklärende, genetische oder constructive Definition der Gestalt besitzen, sondern nur eine d e s c r i p t i v e, geschickt, die Identität eines Geschöpfes festzustellen und es scharf für die äussere Anschauung von allen andern Arten zu diagnosticiren, aber ganz ungeschickt, die wesentliche Bedeutung der gefundenen Unterschiede zu erläutern.

291. Ich kehre nun zu dem Ausgangspunkt dieser Bemerkungen zurück. Die Analogie der Krystallbildung, welche, meistens wenigstens, einen oder nur wenige verwandte Umrisse bedingt,

hat dazu verführt, auch für die organischen Gestalten die stereometrische Gesetzlichkeit als eine primitive, als das unmittelbar zu erreichende Ziel der Bildungsbewegung anzusehen. Nach unserer Ueberzeugung ist dies nicht allgemein richtig; in viel grösserer Ausdehnung scheint uns die Gesetzmässigkeit der Bildung eine arithmetische, darauf gerichtet, eine bestimmte für die Lebensfunctionen nöthige Anzahl von Theilen hervorzubringen. Diese Theile müssen allerdings auch in gewissen räumlichen Verhältnissen stehen, aber die Schwankungen dieser Verhältnisse werden nicht einer blos für einen räumlichen Typus eingerichteten Gleichung unterworfen sein, sondern aus den Kräften hervorgehn, mit welchen diese einzelnen festbestimmten Punkte zur Erzeugung ihres gemeinschaftlichen Umrisses zusammenwirken. Obgleich wir daher der Morphologie nicht verdenken, auch die Dimensionen fertiger Körper von gleicher oder von verschiedenen Gattungen zu messen, um durch ihre Vergleichung zu einem gewissen Durchschnittsmasse der Gestalt zu kommen, in welcher sich einzelne Störungen ausgeglichen haben, so scheint uns doch die wesentliche Aufgabe der erklärenden Morphologie in der Aufsuchung jener einzelnen Bildungscentra zu liegen, und in der Bestimmung ihrer Wirkungsweite sowohl als der Effecte, die sie in dieser Weite ausüben. Eine Morphologie des Knochenskelets z. B., die aus der Vergleichung von Messungen hervorgehen sollte, würde bei der grossen Veränderlichkeit in den Dimensionen, namentlich der Kopfknochen, schon sehr schwer zu einer Gleichung von leidlicher Bestimmtheit gelangen; sie würde aber besonders dadurch werthlos sein, dass sie Linien zwischen physiologisch willkührlichen Punkten aufnehmen müsste. In der reinen Mathematik führt es zu demselben Ziele, ob man ein System rechtwinkliger oder schiefwinkliger oder polarer Coordinaten zur Messung verwendet, und ob man den Anfangspunkt des Systems hier oder dort wählt; nur die Leichtigkeit, mit der einzelne Beziehungen gefunden werden oder die Bequemlichkeit ihres formellen Ausdrucks ist nach diesen Wegen verschieden. Wo aber die Mathematik auf Reales angewandt wird, und man von ihr nicht blos rein mathematische Ergebnisse, sondern Aufklärung über die Natur dieses Realen verlangt, ist die Wahl jener Berechnungsmittel nicht mehr frei. Der Ausgangspunkt der Coordinaten muss da

genommen werden, wo im Realen der Ausgangspunkt einer Wirkung ist; ihre Richtung und Verbindung muss den Richtungs- und Verbindungslinien der wirkenden Kräfte entsprechen. So würde man in unserm Beispiele zunächst ermitteln müssen, wie der Knochen wächst, ob etwa gleich der späteren Ossification schon die leimgebende Grundlage von bestimmten Punkten aus anschiesst; ob diese Punkte eine bestimmte Anzahl und Lage haben; ob das ganze Knochenskelet aus einer solchen beständigen Anzahl von Bildungspunkten hervorgeht, und seine Dimensionen die Folgen der Kräfte sind, die von diesen Punkten ausgehen, auf gewisse Distanzen hin wirksam sind, und die Abgrenzungen der einzelnen Gebilde an den Enden ihrer Wirkungskreise bedingen. Diese Punkte würden das Reale sein, auf das die Rechnung sich zu beziehen hat, die ausgebildete Gestalt der Schatten oder das Residuum ihrer Thätigkeiten. In der thierischen Morphologie hat man bis zur Auffindung solcher Bildungsherde noch weit hin; die Botanik dagegen hat sich bereits an den Begriff von einzelnen Vegetationspunkten gewöhnt, aus deren fortdauernder Thätigkeit sich die Gestalt der Blätter und anderer Theile entwickelt.

292. Diese Betrachtungen haben wir hervorgehoben, weil wir sie vernachlässigt fanden. Wir sind jedoch nicht so ungerecht, im Gegensatz zu diesem physiologischen Calcül der rein mathematischen Behandlung der Morphologie jedes Verdienst abzusprechen, oder andeuten zu wollen, dass dieselbe stets aus den verworrenen Ansichten, die wir oben geschildert, hervorgegangen sei. Man hat sich vielmehr ihrer bedient, weil der andere bessere Weg noch ganz ungangbar erschien. Ich kann indessen doch nicht unterlassen, noch Bezug auf einige ausgezeichnete Arbeiten zu nehmen, deren Stellung zu unseren Ansichten sehr verschieden ist. In der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften hat Fechner einen Vortrag über die mathematische Behandlung organischer Gestalten und Processe gehalten, abgedruckt in den Berichten über die Verhandlungen der k. s. G. d. WW. zu Leipzig, math.-phys. Klasse. I. 1849. S. 50. Ich komme in den seltnen Fall, dem, was das Eigenthümlichste in dieser Arbeit des scharfsinnigen Physikers ist, nicht beistimmen zu können. Zwar dass in dem Wesen des Lebens Nichts liegt, das

durch zu hohe Würde sich der mathematischen Behandlung überhaupt entziehe, darin bin ich von Anfang mit ihm einverstanden. Indem er jedoch die Fähigkeit der Mathematik, auch das Mannigfaltigste und Unbestimmteste durch die Allgemeinheit ihrer Formeln zu bezwingen, durch Beispiele zu erörtern sucht, begegnet es ihm, doch nur die Möglichkeit von etwas nachzuweisen, dessen Ausführbarkeit kaum bezweifelt worden ist, dessen Werth für die organische Morphologie ich jedoch nicht verstehe. Die Erde, sagt Fechner, pflegt mathematisch als eine Kugel oder als ein Sphäroid dargestellt zu werden, welches beides unter endlichen Formeln rein fassbare Gestalten sind; man vernachlässigt, abgesehen von grösseren Ungleichförmigkeiten, zu deren Erkenntniss die neueren Gradmessungen geführt haben, Berge und Thäler dabei; aber es steht stets in der Macht der Mathematik, Formeln aufzustellen, welche die Approximation immer weiter treiben; es hindert nichts, Formeln aufzustellen, welche jede Bergeshöhe und Thalvertiefung, jede Felszacke und ihre kleinen Rauhigkeiten mit aufnähme; nur die Arbeit würde unsäglich weitläuftig. Auf ähnliche Weise meint Fechner auch für jede menschliche Physiognomie eine Formel möglich, doch ist er aufrichtig genug, diese Weise des Portraitirens der gewöhnlichen nicht vorzuziehen. Indem wir nun alles dies zugeben, müssen wir doch zusehen, was wir an einer solchen Formel besitzen würden. Bleiben wir nun bei den Beispielen des Erdballs und der Physiognomie, so haben wir an jener Formel nur eine Messung einer einzelnen individuellen Grösse nach allen ihren Theilen. Das ist es aber eben, was eines besondern Beweises nicht bedurfte; denn Niemand wird bezweifeln, dass sich ein Körper bis in seine allerkleinsten Details ausmessen lasse, falls man die Mühe nicht scheut, und praktische Kunstgriffe kennt. Was in jenen Formeln mehr zu liegen und wissenschaftliches Interesse zu haben scheint, ist in der That auch nur scheinbar. Da man nämlich hier nur mit vergleichbaren Grössen und deren Lagen zu thun hat, so ist es natürlich stets möglich, irgend eine oder einige wenige dieser Linien als Einheiten anzusehen, auf welche man Mass und Lage der übrigen reducirt, und so eine Formel herzustellen, in der jede Einzelheit unter dem mathematischen Gewande einer Function eines oder mehrerer jener Elemente

enthalten ist. Aber ein solcher formulirter Ausdruck ist noch keine derartige Formel oder Gleichung, wie sie die Morphologie aufzusuchen ein Interesse hat.

293. Eine Gleichung von wesentlichem Werth für die Sache muss eine nothwendige sein, d. h. die Relationen, die sie ausdrückt, müssen sich nur in ihrer Sprache ausdrücken lassen, indem von den verschiedenen Werthen, welche man successiv gewissen unabhängig veränderlichen Grössen in ihr zuertheilt, die entsprechenden Werthe gewisser anderer veränderlicher Grössen stets und allgemein nach derselben Functionsform abhängig sind. Eine Gleichung dagegen für die Erdoberfläche würde nur eine descriptive Zusammenstellung der Messungen von lauter constanten Grössen sein, nicht verdeutlicht, sondern nur verdunkelt durch den schwerfälligen Formelausdruck, den man ihr gegeben. Möge z. B. die Höhe und die Umrisslinie des Chimborazo sich in ihr durch irgend eine verwickelte Function des Erdhalbmessers etwa, oder einer andern zum Masse angenommenen Grösse dargestellt finden, und fiele es uns ein, die Länge dieses Radius zu verändern, so würden wir freilich auch für den Chimborazo eine entsprechende neue Grösse erhalten, in welcher er auf einer Karte zu verzeichnen wäre, welche genau denselben Erdball in einem andern Massstabe darzustellen hätte. Sollte jedoch der Halbmesser der Erde sich wirklich verändern, so würden wir gar nicht beurtheilen können, welche Grösse dem neuen Chimborazo der neuen Erde zukäme, denn die Formel enthielt kein Gesetz der physischen Abhängigkeit zwischen der Höhe eines Berges und dem Erdhalbmesser, sondern nur eine Reduction zweier constanter Grössen auf einen Massstab. Das andere Beispiel von der menschlichen Physiognomie wäre zu jenem Nachweis der Möglichkeit morphologischer Gleichungen geeigneter. Hier ist wenigstens eine Gestalt, die in unendlich vielen Exemplaren vorkommt; jede einzelne ist offenbar durch eine besondere Gleichung bestimmt, die deswegen, weil sie sich aus der Bestimmung einzelner Werthe einer allgemeineren Gleichung ableiten lässt, nicht mehr eine nur descriptive, sondern eine wirklich constructive Formel ist. Besässen wir sie, so könnten wir allerdings sagen, welche Verschiebung in der Lage aller übrigen Theile nothwendig eintreten müsste, wenn wir auch nur einen einzigen Theil

die seinige verändern liessen. Aber es wird schwer sein, sich dieser allgemeinen Formel, durch welche jede specielle erst Werth erhält, zu bemächtigen; wir haben oben gezeigt, welchen Weg wir dazu zu sehen glauben, die Bestimmung nämlich der physischen Anfangspunkte der Bildungsbewegung und die Abmessung ihres Wirkungskreises.

294. Einige Gestalten von einfacher und feiner Gesetzlichkeit finden sich im Thierreich, die der Morphologie einen Anknüpfungspunkt zu versprechen scheinen, die Eier und die Gehäuse der Conchylien. Von jenen erwähnt Fechner a. a. O., dass nach einer Mittheilung von Steiner ihre Curve sich der Ellipse ähnlich verhalte, doch so, dass, während in dieser die Summe der Vectoren u und v einer constanten Grösse C gleicht, in der Eicurve $u + mv = C$ wird, wo m eine für jede bestimmte Eilinie ebenfalls constante Grösse ist. Ueber die Conchylien bemerkt Naumann (Ueber die Spiralen der Conchylien; Abhh. d. Jablon. Gesellsch.): „Es offenbart sich in diesen Schalgehäusen eine so bewundernswürdige Regelmässigkeit der Gestaltung, und in den Gehäusen einer und derselben Species eine so vollständige bis in das kleinste Detail zu verfolgende Wiederholung desselben Gestaltungstypus, dass diese organischen Gebilde in Bezug auf Gleichmässigkeit und Uebereinstimmung ihrer specifischen Configuration die Krystalle der unorganischen Natur bei weitem übertreffen. Ganz vorzüglich aber und in höchst überraschender Weise gibt sich uns diese Geometrie der organischen Natur in den nach gewissen Spiralen oder Spiralschraubenlinien aufgewundenen Conchylien vieler Gasteropoden und Cephalopoden zu erkennen, und wer sich nur einigermassen mit der Betrachtung solcher Formen beschäftigt hat, ja wer nur einmal den centralen Durchschnitt eines Nautilus zu bewundern Gelegenheit hatte, dem wird sich unwillkührlich die Ueberzeugung aufgedrängt haben, dass in diesen Conchylien eine strenge mathematische Gesetzmässigkeit walten müsse, welche sie ebenso wohl als einen Gegenstand der Messung und Rechnung erscheinen lässt, wie die Krystallformen des Mineralreichs.“ — Ich möchte nicht so missverstanden werden, als suchte ich der Vorzüglichkeit dieser Arbeiten Abbruch zu thun, wenn ich den dadurch erlangten Resultaten doch keine morphologische Bedeutung beimesse, oder

wenigstens die Hoffnung nicht hege, dass von diesem Punkte aus sich Klarheit auch über die übrigen Gegenstände der Morphologie verbreiten werde, eine Erwartung, die der treffliche Naturforscher, dem jene Worte entlehnt sind, zu erwecken sich auch selbst wohl gehütet hat. Die Entstehungsart dieser Gebilde nämlich ist von gar zu eigenthümlicher Art, sie sind gar nicht unmittelbare Erzeugnisse eines Bildungsprocesses, der von der Wechselwirkung der zu verbindenden Theile ausgeht, sie sind vielmehr Producte einer ganz äusserlichen formgebenden Kraft, vergleichbar den Pseudokrystallen, die entstehen, wenn ein Stoff in dem leergewordenen Krystallraum eines andern fest wird.

295. Nachdem die Dotterkugel des Vogeleies von dem Eileiter aufgenommen ist, wird sie schraubenförmig durch die Muskelcontractionen desselben weiterbefördert; während dieser Bewegung schwitzt die Schleimhautoberfläche desselben das Eiweiss aus; in dem untern Theile des Eileiters, dem Eihälter, wird die Schalenhaut und Schale gebildet, indem der milchige Kalksaft sich an dem Ei niederschlägt, und anfänglich zerstreute, später zu einem continuirlichen Gewölbe zusammenfliessende Krystalle bildet. Die Hagelschnüre sind übriggebliebene Zeugen jener schraubenförmigen Drehungsbewegung, durch welche, obgleich nicht im Einzelnen weiter nachweislich, jener Umriss der Eiweisskugel gebildet wird, an dem wie an einem Lehrgewölbe, der spätere Niederschlag der Kalkschale erfolgt. Die Gestalt des Eies würde somit kein unmittelbares Product eines Bildungstriebes, sondern das mechanische Erzeugniss einer Bewegung sein, und ebenso wenig Hoffnung zur Erläuterung der bildenden Kräfte überhaupt geben, als etwa die Gestalt eines Kreisels mit dem Bildungsgesetze zusammenhängt, nach dem sein Drechsler entstand. Der Hergang bei der Bildung der Conchylien ist nicht in der erforderlichen Genauigkeit bekannt, um ihre wirkliche Entstehungsweise zu bestimmen. Sie bilden sich langsam mit dem Wachsthum des Thieres, indem an die zu eng gewordenen Windungen, aus denen das Thier sich zurückzieht, neuer Ansatz erfolgt an den freien Rändern der letzten Windung. Dieser fortdauernde Ansatz geschieht nun allerdings so, dass er die Gestalt nach demselben geometrischen Bildungsgesetze fortsetzt. Aber auch hier erfolgt die Anlagerung durch Juxtaposition, indem die erstarren-

den Massen aus der Körperoberfläche ausschwitzen. Inwiefern bestimmte Gestaltumrisse oder bestimmte Lagen und Bewegungen dieser secernirenden Oberfläche die regelmässige Fortsetzung der Bildung bedingen, bleibt dahin gestellt; in etwas Aehnlichem wird aber ohne Zweifel der physische Grund dieser Gesetzlichkeit liegen. Es ist überdies wohl der Ueberlegung werth, ob nicht, wenn auch nicht eben in diesen, so doch in ähnlichen Beispielen regelmässiger Gestaltung ausser jenen physischen Gründen noch etwas mehr thätig ist, ob sie nicht zum Theil als Instinct-erzeugnisse oder Kunstwerke zu betrachten sind. Auch in der Formation der Bienenzellen ist grosse Regelmässigkeit, ja noch mehr, eine Raum- und Massenersparniss, wie sie nur durch Berechnung immer gefunden werden könnte; gleichwohl entstehen diese bewundernswürdigen Werke durch so deutliche Thätigkeit der Organismen, dass Niemand sie ohne Weiteres als Producte einer gestaltenden Organisationskraft, jeder sie vielmehr als Kunstwerke von psychischem Ursprunge betrachtet. Wir wollen dies hier nicht erschöpfen; es reicht hin, darauf aufmerksam gemacht zu haben, dass in diesem Kreise von Gegenständen zwar eine grosse Gesetzlichkeit herrscht, dass diese aber auf ganz andern physischen Hergängen beruht, als man bei der Erzeugung der übrigen organischen Gestalt voraussetzen darf.

296. In der Botanik sind Anfänge einer mathematischen Behandlung bei Betrachtung der Blattstellung gemacht worden. Diese Arbeiten von Schimper und Braun, den Bravais und Anderen suchen im Ganzen doch die Gesetze der Blattstellung nur aus der Vergleichung der ausgebildeten Pflanzen, nicht aus der Wirkungsweise der Bildungskräfte genetisch aufzufinden. Dies ist an sich kein Tadel, denn der erste Schritt einer beginnenden Wissenschaft wird es immer sein, die erscheinenden Thatsachen zu combiniren, um sich dadurch auf bestimmtere Fragen leiten zu lassen. Aber es wäre vielleicht vortheilhaft gewesen, in der weiteren Verallgemeinerung so gefundener Gesetze vorsichtiger zu sein, und in ihnen, so lange die physischen Vermittlungen, von denen die Gesetzlichkeit der Erscheinungen abhängt, noch unbekannt sind, nur Analogien zu sehen, aber noch nicht Gesetze. Die Gefahr liegt nahe, dass aus den Spiralen, nach denen die Blätter gestellt sein sollen, aus ihrer Combination, ihren

supponirten Verschiebungen und andern Modificationen sich eine Mythologie entwickelt, die nur durch die Auffindung der wahren Ursachen der Bildung wieder zu beseitigen ist. Der Gegenstand, mit dem sich diese Untersuchungen beschäftigen, verspricht etwas; wir sehen eine grosse Anzahl meist ganz gleichartiger Theile in der Reihe der Blätter vor uns; ihre Bildung und Stellung ist nicht durch ein verwickeltes System von Organen bedingt, deren Functionen eine bestimmte Lage verlangen und dadurch vielleicht die Continuität eines blossen Gestaltungstriebes unterbrechen, Umstände, die wir in dem Thierkörper, z. B. in der Skeletbildung mit ihren analogen und doch so sehr verschiedenen Gliedern allenthalben vermuthen müssen. Diese Organe fehlen der Pflanze, und das Hervorsprossen der Blätter erscheint als eine ungestörte Entfaltung einer einzigen, durch ein einfaches Gesetz ohne Zweifel bestimmten Bildungstendenz. Gleichwohl sind ohne eine genaue anatomisch physiologische Untersuchung der blattbildenden Zellenreihen im Inneren des Stammes und ohne eine Mechanik der Saftströmung diese Verhältnisse trotz ihrer Einfachheit noch immer unergiebig, selbst bis zu dem Grade, dass man über die allgemeinsten Beurtheilungsgründe noch streiten könnte. Schleiden (Bot. II. 176) findet die Theorie von Bravais, nach der der Winkel, um welchen zwei nächste Blätter an der Axe eines Stengels divergiren, ein allgemeiner und beständiger ist, vorzüglicher als die von Braun und Schimper, die bei verschiedenen Pflanzen ihn verschieden sein lassen. Nach gesunder Methode sei unter gleichen Möglichkeiten immer die Erklärungsweise vorzuziehen, die möglichst viele Fälle unter einen Gesichtspunkt zurückführe. Dieser Grund überzeugt mich nicht. Einfachheit des Erklärungsprincips ist das wahrscheinlich Richtige dann, wenn man eine gewisse Gleichheit der bewirkenden Ursachen für eine Mannigfaltigkeit von Erscheinungen schon voraussetzen darf. Das ist hier nicht der Fall; jener Blattwinkel ist ja gar kein Erklärungsprincip für Thatsachen, sondern eine Thatsache, die erklärt werden soll, von der wir aber die Grenzen ihres Vorkommens noch nicht kennen. Anzunehmen nun, dass diese Thatsache sich überall gleich verhalte, ist vielmehr eine methodologisch unbegründete Analogie; im Gegentheil scheint mir das Natürlichere eine Verschiedenheit der Umstände, welche aus dem gleichen

obersten Entwicklungsgesetze sehr verschiedene Fälle entstehen lassen.

297. Der Aufbau der organischen Gestalten kann also einer zweifachen Gesetzlichkeit folgen; er kann theils hervorgehen aus den Gegenwirkungen, durch welche bewegliche Massen sich ihrer qualitativen Natur nach einem allgemeinen Lagerungsgesetze gemäss neben einander anordnen; er kann anderseits bedingt werden durch eine ursprünglich gegebene Lage nicht mehr frei beweglicher Massen, deren Wirkungen sich auf gewisse Entfernungen erstrecken und an bestimmten Grenzlinien einander modificiren. Das erste Princip gewährt krystallinische Regelmässigkeit der Anordnung von Punkt zu Punkt, ohne specifischen Plan und immanentes Mass des Ganzen; das zweite begründet Gestalten von sehr verschiedenen Umrissen der einzelnen heterogenen Theile und von bestimmter planmässiger Begrenzung des Ganzen, das keine weitere Apposition gestattet. In einigen der niedersten organischen Geschöpfe ist die erste dieser Constructionsweisen vielleicht allein massgebend; in allen aber muss sie in einem gewissen Spielraum wiederkehren. Denn welches auch die ursprüngliche Lagerung differenter Theile in einem Keime sein mag, so kommt doch jeder derselben in ziemlichen Mengen vor und die Totalquantität eines jeden wird sich in Formen anzuordnen streben, die seiner Natur eigenthümlich sind. Nirgends wird es daher ganz an Reihen fehlen, in welchen symmetrisch dieselben Formelemente vielfach wiederholt auftreten. Der Streit dieses ersten Princips mit dem zweiten gestaltet sich aber, wie es scheint, anders in den Pflanzen, anders in den Thieren. Auch in den höhern Pflanzen ist als Anfang der Bildung in dem Embryo eine Mehrheit differenter Theile gegeben; doch scheint unmittelbar von dem zukünftigen Gestaltungstriebe nichts als eine polare Tendenz der Entwicklung in Wurzel und Knospe vorhanden zu sein. Dass der Keim bereits eine Mehrheit von Mittelpunkten der Gestaltung in bestimmten Lagen enthalte, ist höchst unwahrscheinlich; nur eine bestimmte Proportion der Saftzusammensetzung dürfte ihm zukommen. Aus ihr scheinen unter dem Einflusse der äussern Reize in gewissen Zeiträumen und abgemessenen Längenabständen sich chemische Verbindungen zu erzeugen, die an den Punkten des Stengelgebildes, wo ihre Ausbildung vollendet ist, zu

einer festen Anzahl von Ausgangspunkten lebhafter Zellenbildung werden, und die peripherischen Blattorgane hervortreiben. Bei der Gleichförmigkeit der Saftbereitung im Ganzen der Pflanze wiederholen sich diese Absetzungen von Bildungskeimen mehrmals, und wir sehen deshalb die Blättermasse der Pflanzen hauptsächlich nach allgemeinen Gesetzen angeordnet, nicht nach einem specifischen Plane. Je mehr bereits bestehende Blätter jedoch den aufsteigenden Saft verarbeiten, je langer ferner die äussern Reize bereits einwirkten, um so mehr scheint eine allmähliche Vervollkommnung desselben einzutreten, die ihn befähigt, an bestimmten Stellen Keime zu höher organisirten Bildungen abzusetzen. Die Blüthen und Früchte würden wir als solche Theile auffassen müssen, in welchen das allgemeine Lagerungsgesetz der übrigen Gestalt noch erkennbar nachklingt, aber wegen der chemischen Umwandlung der Pflanzensäfte in ihnen, welche zum localen Abschluss der Vegetation drängen, hier zu einem geschlossenen Ganzen von bestimmtem Umriss führt.

298. In den Thieren treten sehr rasch hinter einander die einzelnen Ansatzpunkte der Bildung hervor; sie werden nicht einer aus dem andern oder nach dem andern erzeugt. Es fehlt daher eine successive Reihe wiederholter Entfaltungen, denen erst zuletzt die ausgebildetste Blüthe folgte; von Anfang an beherrschen vielmehr die hauptsächlichsten Organe den bildsamen Stoff jeder bis zu einer gewissen Weite, und die entwickelte abgeschlossene Gestalt ist die Form, in welcher das Ganze unter der gegenseitigen Wechselwirkung dieser Mittelpunkte sich zu einem ruhigen Gleichgewichte zusammengeordnet hat. Die ganze Thiergestalt gleicht der Blüthe der Pflanze, deren Stengelgebilde einem nicht zu ruhendem Ausdruck in einer äusserlichen Form gekommenen Entwicklungsprocess des Thieres entsprechen. In beiden organischen Reichen ist der Umriss des Körpers das letzte Erzeugniss der Combination der Kräfte, und es würde eine besonders merkwürdige Aufgabe sein, wenn sie lösbar wäre, die Bedingungen aufzusuchen, durch welche dieses scheinbar so vielen drohenden Gefahren der Verbildung ausgesetzte Product den hohen Grad von Regelmässigkeit und Gleichförmigkeit erlangen kann, den wir doch noch an ihm bemerken.

§. 27.

Die mechanischen Processe der Gestaltbildung.

299. Wir haben früher der elementarsten Formen gedacht, die der flüssige Bildungsstoff festwerdend annimmt, der Körnigen Molecule, der structurlosen Haut, endlich der Zelle, die aus beiden zusammengesetzt ist. Aber wir können uns nicht entschliessen, die mannigfachen Beobachtungen, die über Entstehung, Verwandlung und Verknüpfung dieser Gebilde die speciellen Darstellungen der Histiologie füllen, unserer Betrachtung einzufügen; obgleich Zeugnisse der lebendigsten Forschung, sind sie doch bis jetzt todte Kenntnisse, und der Werth der Thatsachen, welche sie lehren, für die allgemeinen Beziehungen des Lebens ganz unbestimmbar. Fast jede Entstehungsweise der Zellen, die man vermuthen könnte, ist irgendwo beobachtet: bald bildet sich ein Bläschen um einen schon bestehenden Kern, bald umgekehrt der Kern in das Bläschen, zuweilen scheinen sie gleichzeitig aufzutreten; fast alle Modificationen der Zelle, die man sich stereometrisch ausdenken könnte, kommen irgendwo vor: hier vermindert sich ein Durchmesser, die beiden andern bleiben, es entstehen niedrige tafelförmige Prismen, dort vermindern sich zwei Durchmesser und die Verlängerung des dritten bildet nadelförmige Cylinder, bald wächst die Zelle zu einseitigen Anhängen aus, bald schickt sie sternförmig oder unregelmässig verästelt, Fortsätze aus; fast jede Art der Vermehrung der Zellen findet sich ferner irgendwo: Nachentstehung neuer aus flüssigem Plasma, Bildung junger Zellen in der Höhle der ältern und Befreiung daraus durch Berstung der Membran, Theilung der ältern oder Knospenbildung; fast jede mögliche Art der Combination endlich vieler zu grösseren Gebilden findet sich irgendwo verwirklicht. Aber wir wissen nicht, warum es überhaupt nothwendig war, dass der Bildungsprocess seinen Weg durch die Zellenform nahm; warum dünne Häute aus verflachten, tafelförmig zusammengedrückten, Fasern aus longitudinal ausgezogenen Zellen sich entwickeln mussten; warum der Kern späterhin bald aufgelöst wird, bald nicht, warum dieses Fasergebilde aus der Verschmelzung der Zellenwände, jenes aus der Verbindung der Kerne hervorgeht; in einem wie in dem andern dieser Fälle wissen wir

weder etwas von den physischen Kräften, die hier diesen, dort jenen Bildungsgang bewirken, noch von der teleologischen Bedeutung des jedesmal wirklich vorkommenden Processes. Die allgemeine Physiologie kann deshalb die Summe unserer Kenntnisse über diese Fragen nur dahin ausdrücken, dass Fasern und Häute zuweilen sich durch eine unmittelbare Anordnung der festwerdenden Bildungsmolecule in Linien und Flächen, häufiger aber als secundäre Formen der Zusammenlagerung von Zellen bilden, bald mit bald ohne Verschmelzung derselben, oft mit gänzlicher Wiedervernichtung ihrer Bläschenform; dass ferner in Pflanzen und Thieren die vegetativen Processe an Organe geknüpft sind, welche, so lange ihre Function dauert, die Zellenform meist behalten, während dagegen die animalischen Verrichtungen des Thierkörpers viel überwiegender an Fasern gebunden sind, in denen, wie in Nerven und Muskeln, jede Spur dieser Form verschwunden ist. Davon machen die einzelnen Zellen, die der Nervensubstanz eingestreut sind, und die Blutkörperchen eine Ausnahme; beide vollziehen gewiss sehr wichtige, aber vollständig unbekannte Functionen, und eben so wenig wissen wir Sicheres über die Art ihrer Neubildung oder ihrer Wiederauflösung.

300. Von grösserem Interesse, obwohl nicht minder dunkel, sind uns andere Processe, die sich unsern frühern Betrachtungen insofern anschliessen lassen, als sie uns gewisse Formen der Einwirkung bildender Kräfte auf grössere Mengen bildsamen Materials andeuten. Sie gehören theils nur der ersten Bildung des Organismus an, theils wiederholen sie sich im Laufe der regelmässigen Ernährung und in der Regeneration zufällig zerstörter Gebilde. Es ist bekannt, dass im organischen Körper gleiche Stoffe in sehr verschiedenen Formen und mit sehr verschiedener Vertheilung im Raume vorkommen. Es ist im Wesentlichen dieselbe Knochensubstanz, die im Schädelgewölbe eine Reihe platter tafelförmiger, in andern Theilen des Körpers langgestreckte cylinderförmige Knochen bildet; Muskel- und Gefässgewebe kommt in einzelnen an Gestalt sehr abweichenden Bündeln und Strängen vor, dem einen Orte reichlich, dem andern spärlich zugetheilt. Diese Formen und die Vertheilung der Massen können nicht der Ausdruck eines ihrer Qualität eigenen Gestaltungstriebes sein, aber eben so wenig können wir annehmen, dass für beide eine actuelle

Grundlage schon im Keime gegeben gewesen sei; denn diese Annahme würde auf eine Miniatur des Körpers zurücklaufen, deren Vorhandensein im Keime durch keine Beobachtung glaublich gemacht wird. Der Bildungsstoff, aus dem alle diese Theile hervorgehen, besitzt weder qualitative Unterschiede, die den ihrigen entsprächen, noch ist er so ungleichförmig im Raume angeordnet, dass die Lage jedes spätern Theils in ihm vorgebildet wäre.

301. Denken wir uns die Erdoberfläche zunächst durch Absetzungen aus dem Wasser gebildet, später aber die Gleichförmigkeit ihrer Schichten durch vulkanische Ausbrüche aus der Tiefe gestört, so werden hier die mannigfachsten Verwerfungen der Stoffe aus ihren frühern Lagen entstehen, Anhäufungen an einem Orte, Entblössungen anderer; zugleich aber würde das verschobene Gestein, wenn seine Empfindlichkeit gegen äussere Eindrücke gross genug wäre, durch seine neue Lage diese Eindrücke auf eine eigenthümliche Art empfangen, und hier zu diesen, dort zu jenen Weiterbildungen angeregt werden. Ungefähr so verhält es sich mit dem Gestaltbau der Thiere, anders mit dem der Pflanzen. Bei den letztern ist ein Princip successiver Bildung vorwaltend, nach welchem jedes gebildete Theilchen im Weiterverlaufe des Processes nur wenig verändert wird, und nur zur Epigenese neuer beiträgt, die dem vorigen Stamm sich an- oder aufsetzen und sich allmählich in feinere Formen ausbilden, indem die beständige neue Zufuhr der Wachsthumsstoffe einer immer intensiveren Assimilation unterliegt. Der Thierkörper dagegen besitzt im Ei eine hinlängliche Masse, aus der zwar nicht simultan, aber doch mit ziemlich gleicher Beschleunigung die erste Anlage aller Hauptabtheilungen des Körpers sich bildet. Aber diese ersten Keime sind nicht nur innerlich noch ungegliedert und erwarten erst von der Zukunft eine Zerfällung in feinere Organisationselemente, sondern auch ihre gegenseitige Lage ist nur in weiten Umrissen bestimmt. Erst eine grosse Mannigfaltigkeit mechanischer Verschiebungen, Dehnungen, Verwachsungen, aus der ungleichförmigen Fortbildung einzelner Theile entspringend, rückt sie allmählich in die Lagenverhältnisse, die sie später einnehmen sollen, und umgekehrt wirkt jeder dieser mechanischen Processe mitbestimmend auf die Möglichkeit noch weiter fortschreitender Organisation der verschobenen Theile zurück. Hierin nun

ist der Thierkörper während seiner ersten Bildung der Erdrinde einigermassen zu vergleichen; nur sind es nicht ungeordnete vulkanische Eruptionen, welche die Schichten seines Bildungsmaterials in die unregelmässige Mannigfaltigkeit einer Landschaft verwerfen, sondern geordnete Impulse, die von einigen Bildungsherden ausgehen, bringen zuerst das gleichförmige Entwicklungsmaterial in differente Lagen, in denen es sich fernerhin auch zu differenten Gestalten umwandelt.

302. Diese allgemeinen Betrachtungen sind nur auf eine sehr problematische Weise mit unsern jetzigen Kenntnissen über die Entwicklungsgeschichte des Eies zu verbinden. Die ersten nach der Befruchtung geschehenden Schritte, z. B. die eigenthümliche Furchung und Zerklüftung des Dotters, sind uns räthselhaft; sie mögen Zeichen einer ersten Verarbeitung sein, durch die das ruhende Plasma in eine zur Gestaltbildung überhaupt nöthige Bewegung versetzt wird. Von deutlicherer Wichtigkeit ist die frühzeitig eintretende Spaltung der entwicklungsfähigen Keimscheibe in die drei unter einander gelegenen Schichten des serösen, des Gefäss- und des Schleimblatts, durch deren Unterscheidung von Baer der Entwicklungsgeschichte nicht nur ein übersichtliches Schema, sondern ein wesentliches mechanisches Princip der Bildung gewonnen zu haben scheint. Eine ursprüngliche histiologische Verschiedenheit der Zellen, welche diese Blätter bilden, macht die mikroskopische Beobachtung glaublich, doch hat keines von ihnen die Bedeutung, der Keim für eine Klasse von Organen zu sein, die sich auch im ausgebildeten Körper durch gleiche Mischung und histiologische Form als zusammengehörig von den Producten der andern Schichten unterschieden; jedes Blatt ist vielmehr die Anlage eines functionell zusammengehörigen Systems, dessen einzelne Theile sich übrigens in abweichende Mischung und Form entwickelt haben. So entspringen dem serösen Blatte die mannigfachen Organe des animalischen Lebens im engeren Sinne, Skelet, Nerven, Muskeln und äussere Hautbedeckungen; dem Schleimblatt die vegetativen Organe der Verdauung, dem Gefässblatt das System der Circulation. Aber auch diese Productionen gehen nur in ihren Haupttheilen unmittelbar aus jenem Material hervor, welches sich ursprünglich in jeder der drei Schichten gesammelt hatte; der aus-

gebildete Körper zeigt daher nur in diesen Hauptorganen noch die ursprüngliche relative Lagerung der Blätter. Die feineren Bildungen des Nerven- und Gefässsystems dagegen entstehen sammt den Organen, in deren Bau sie sich auf das Mannigfachste unter sich und mit andern Elementen durchdringen, aus dem gleichförmigen Bildungsmaterial, das zuerst noch der Dotter, später der Blutlauf den in der Bildung begriffenen Theilen darbietet. Wir finden daher auch chemisch und histiologisch analoge Gewebtheile in den Bildungen aller Schichten; überall zeigen sich eiweissartige Körper theils flüssig, theils geformt; in jedem Blatte kehren die Formen des Zellgewebes und der Muskelfaser wieder, so etwa, wie auch Kalkschichten in den verschiedensten Perioden der Erdbildung abgelagert sind, weil sie von der absetzenden Flüssigkeit stets abgegeben werden konnten. Dennoch scheint der Einfluss, den die ursprünglich verschiedene Natur jener Schichten auf das gleichmässige ihnen zur Verfügung gestellte Bildungsmaterial ausübte, nicht ganz erloschen, und einzelne bestimmte Formen der Mischung und des Gewebes prädominiren in dem Gebiete jedes Blattes. So sind Horn- und Knochenbildungen in den Productionen des serösen Blattes weit häufiger als in denen der andern; elastisches Gewebe zeigt sich in grösserer Mächtigkeit im Bereich des Gefässblattes; dem Schleimblatt endlich bleiben jene drüsigen Formationen eigen, welche die chemisch wirksamsten Stoffe des Körpers in eben so eigenthümlichen Anordnungsformen umschliessen.

303. Die Veränderungen, welche die ursprünglichen Keimschichten erfahren, sind doppelt; sie dehnen sich morphologisch nach verschiedenen Dimensionen verschieden aus, und ihre einzelnen Raumtheile erfahren jene abweichende chemische und histiologische Ausbildung, aus welcher die mannigfaltige spätere Durcheinanderlagerung und Abgrenzung der Gewebe hervorgeht. Was die erste Veränderungsreihe betrifft, so liegt in der Lage der Keimscheibe an der Oberfläche des Dotters Motiv genug zu einer verschiedenartigen Ausbildung der in den Wirbelthieren vom Dotter abgekehrten Rückenfläche, und der ihm zugekehrten Bauchfläche; auch muss die gegenseitige Lage der einzelnen Schichten für jede derselben eine ihren Verhältnissen entsprechende Eigenthümlichkeit des Bildungsganges hervorbringen. Asymmetrie des

Rückens und der Vorderfläche ist daher, obgleich wir ihre Entstehung im Einzelnen nicht mechanisch verfolgen können, doch jedenfalls der im voraus zu erwartende Effect. In der Ebene der Keimscheibe selbst muss dagegen die Differenz der Ausbildung nach der Längenaxe des späteren Körpers besondere Voraussetzungen haben. Wir kennen sie nicht; bei dem ungewissen Schicksal des Keimbläschens, dessen Verschwinden ebensowohl einer weitern Formentwicklung als einer Auflösung zugeschrieben werden kann, bleibt es möglich, dass im erstern Falle unmittelbar ein nach dieser Axe different angeordnetes kleines System von Massen auch den Ansatz der späteren bestimmt. Die Thatsache, dass die Lage des Kopfendes des Embryo in den Eiern der Vögel eine bestimmte ist, macht die jedenfalls nothwendige Annahme noch glaublicher, dass in der Anordnung der Massen im Keime allgemein schon eine Asymmetrie nach dieser Längenaxe vorgebildet ist, obgleich sie in ihrer bestimmteren Gestalt unserer Beobachtung ganz entgeht. Mit diesen Andeutungen müssen wir uns begnügen; sie sind weit entfernt, den Hergang der Bildung auch nur einigermassen zu veranschaulichen; genug, wenn sie wenigstens den Schein der Unmöglichkeit derselben entfernen, der in der völlig gleichmässigen Anordnung der Keimscheibe allerdings liegen würde.

304. Gleich wenig vermögen wir die zweite der oben erwähnten Veränderungsreihen mechanisch zu verfolgen; man hat sie im Gegentheil häufig benutzt, um die Unzulänglichkeit aller mechanischen Erklärung organischer Bildungen zu beweisen. Nicht nur bei der ersten Entstehung des Organismus, sondern auch im spätern Verlaufe seiner Entwicklung häuft sich oft der gleichförmig erscheinende Bildungsstoff gleichzeitig an verschiedenen räumlich getrennten Punkten an; aber diese Punkte liegen nicht symmetrisch nach einem allgemeinen Gesetze neben einander; nicht in jedem erfährt die Masse ferner gleiche Schicksale; hier in grösseren Mengen, dort in geringeren anschiessend, bildet sie sich hier in diese, dort in eine abweichende Form und Mischung aus, doch so, dass diese verschiedenartigen isolirten Anfänge zuletzt in ein dem Typus der Gattung angemessenes Ganzes sich vereinigen. Diese Thatsachen, die man etwas voreilig als Gesetz der isolirten Entstehung bezeichnet, da wir von Gesetzen

in diesem Gebiet vielmehr noch nichts wissen, soll nun die den mechanischen Hergängen überlegene Handlungsweise der Natur bezeichnen und ein geheimes Wissen der Theile von einander und von ihren Bildungen oder eine den ganzen Bildungsprocess überwachende und in eine Einheit zusammenfassende Intelligenz des Gestaltungstriebes beweisen. Wir ziehen aus den Erscheinungen andere Folgerungen. Allerdings kann, da verschiedene Theile gleichzeitig, aber ungleichförmig und nur in dem Sinne des Ganzen zusammenstimmend, sich entwickeln, ihre Bildung nicht das Ergebniss einer in ihrer Qualität allein begründeten Gestaltungskraft sein; um so nothwendiger ist es aber, die Formation jedes einzelnen Punktes als den resultirenden Effect aller physischen Einwirkungen anzusehen, die er von den übrigen nicht völlig symmetrischen Theilen des Keimsystems erfährt. Nicht ein geheimes Wissen der Theile von einander ist es, was ihre ungleichförmige und doch sich gegenseitig accommodirende Bildung veranlasst; sie rührt vielmehr von einem alle umschliessenden Verbande physischer Wirkungen her, die sich auf das Mannigfachste zwischen ihnen kreuzen, und deren Gegenwart nur dem unglaublich sein kann, der grundlos verlangt, jede mechanische Beziehung müsse durch Verschiedenheiten der Lichtbrechung oder Färbung für den Gesichtssinn erkennbar sein, auf dessen Aussagen bisher allein unsere Entwicklungsgeschichte beruht. Die Ausbildung des Keimes ist an die Integrität seiner Massen und ihrer Lagerung gebunden, und Erschütterungen oder Zerreissungen hemmen sie, indem sie jene zwar unsichtbaren, nichts desto weniger aber vorhandenen physischen Verbindungen zerstören, aus denen die correspondirende Entwicklung der einzelnen Systemtheile hervorgeht.

305. Die Hinwegräumung dieses principiellen Irrthums lösst allerdings die hier vorliegenden Räthsel noch nicht. Die Erscheinung, dass aus einem scheinbar wenigstens homogenen Keimstoff sich an einzelnen Raumpunkten festwerdende oder dichtere Massen ausscheiden, die dann selbst noch in chemisch und histiologisch verschiedene Theile zerfallen, wiederholt sich im Leben oft genug, um uns zur Aufsuchung von Analogien oder Erklärungsgründen zu veranlassen. Wir wollen diese Frage theilen. Denken wir uns zuerst, das homogene Blastem zerfalle in eine

Reihe symmetrisch geordneter und gleicher Massenhäufchen, so finden wir, dass eine solche Eintheilung leicht aus den molecularen Wirkungen der Theile unter bestimmten Umständen hervorgehen kann. Wird aus einer leichtflüssigen Lösung ein mineralischer Stoff ausgeschieden, so senkt er sich durch seine Schwere in dem beweglichen Mittel, zu dem er geringe Adhäsion hat, und bildet einen geschichteten Niederschlag; ist dagegen das Ausgeschiedene selbst nicht von fester, sondern gallertartiger Aggregatform und geringer specifischer Schwere, so bleibt es länger im früheren Lösungsmittel vertheilt. In der Keimscheibe sind Stoffe dieser Art in einem klebrigen Medium anscheinend gleich vertheilt vorhanden; gerathen sie durch irgend eine Einwirkung in eine Veränderung, die ihre Molecule zu gegenseitiger Annäherung drängt, so kann wegen der Schwerflüssigkeit des Medium, in dem sie suspendirt sind, der Erfolg dieser Attraction kaum ein anderer als die Zerfällung der früher continuirlichen Schicht in mehrere Klümpchen sein, von denen jedes so viel Masse in sich vereinigt, als seine Molecularanziehung im Kampfe mit jenem Widerstande sich anzunähern vermag. Alle übrigen Verhältnisse gleichgesetzt, werden die Wirkungskreise aller dieser Massenhäufchen gleich gross, mithin auch ihre Entfernungen von einander gleich, ihre Lage symmetrisch sein. Vorausgesetzt jedoch, was wir voraussetzen müssen, dass nämlich nach einer Axe der Keimscheibe mindestens ungleichartige Verhältnisse obwalten, würde sich eine seitlich symmetrische, nach dieser Axe dagegen sehr verschiedene Zerfallung in ungleich grosse und ungleich entfernte Stoffmassen als nothwendig ergeben. Es würde nicht an Analogien auch aus unorganischen Gebieten für solche Vorgänge fehlen, aber es ist nicht der Mühe werth, sie aufzusuchen, so lange unsere Annahmen selbst so unfruchtbar für die wirkliche Construction des Hergangs und nur genügend für den Nachweis seiner Möglichkeit sind.

306. Das zweite ist nun, dass diese so angeschossenen Bildungspunkte sich in differente chemische und histiologische Bestandtheile weiter zerfällen. Dem Princip nach scheint uns hierin keine Schwierigkeit zu liegen. Sehr viele complicirte organische Stoffe zeigen unter Einflüssen, die überhaupt eine Zersetzung begünstigen, diese Spaltung in mehrere, oft sehr zahl-

reiche und noch immer sehr zusammengesetzte Producte. Wir haben keinen Grund zu zweifeln, vielmehr in ihrem Verhalten bei manchen chemischen Operationen positive Gründe, vorauszusetzen, dass auch die eiweissartigen Körper der Keimscheibe im Verein mit Fetten und Salzen eine solche Spaltung in proportionale Mengen verschiedenartiger Modificationen erfahren, deren jede, einmal gebildet, eine ihrer Zusammensetzung entsprechende Neigung zu eigenthümlicher Formbildung entwickelt. Setzt der Entwicklungsprocess z. B. zur Bildung irgend eines Gliedes zuerst eine ungeformte Masse von Blastem an einem bestimmten Orte ab, so können wir uns wohl denken, dass diese unter dem Einflusse der gegebenen Bedingungen in bestimmte Aequivalente leimgebenden Stoffes, Nervenmarks, elastischer Substanz und dergleichen zerfalle, deren jedes sich nun zu Elementartheilen des Gewebes umgestalte, in denen es als chemische Grundlage herrschend ist. Gegen eine solche Annahme pflegt man wohl aus einem seltsamen Grunde misstrauisch zu sein. Handelte es sich um eine Mischung irgend welcher dürftig bekannten Metalle, so würde man gern glauben, dass sie unter Umständen in ein fein geordnetes System von Combinationen zerfalle; dem Eiweiss und Fett, so bekannten Stoffen, mit denen wir stets wie mit völlig indifferenten Körpern umzugehen gewohnt sind, traut man so viel Geheimniss nicht zu, dass sie die Anlage zu regelmässiger und mannigfaltiger Entwicklung in sich trügen. Dennoch sind es diese Substanzen, an welche nun doch einmal die nicht zu läugnende Thatsache des Lebens und die feinen Wirkungen der Nerven geknüpft sind. Wir überschätzen sie daher gewiss nicht, wenn wir auch jene Prädisposition zu regelmässigem Zerfall in Aequivalente verschiedener Modificationen in ihnen suchen.

307. Aber auch diese Annahme lässt eine gewisse Vereinfachung zu. Wir haben schon früher den Bau des Körpergerüstes aus leimgebenden und ihnen verwandten Stoffen berührt, in welchen die eigentlich thätigen Theile, die eiweissartigen Körper, eingelagert erscheinen. Man kann dieser Anschauung vielleicht eine grössere Allgemeinheit geben. In dem Pflanzenkörper ist die Cellulose der beständige Baustoff der Zellenwandungen, aber die Lage der Zellen zwischen andern und zu den äussern Einflüssen

lässt in der einen diese, in der andern jene während des Stoffverkehrs entstehende oder ausgeschiedene Substanz sich niederschlagen. Im Laufe des Lebens entstehen durch diese Incrustation und ihre Rückwirkungen aus der ursprünglich homogenen Grundlage sehr verschiedene secundäre Bildungen, die Korksubstanz der Rinde, der Holzkörper des Stammes, hier ölhaltende, dort amylumführende Zellen. Auch im Thierkörper finden sich die eiweissartigen Stoffe stets in Hüllen abgelagert, die entweder nachweislich leimgebende Gewebe sind oder in ihrem sonstigen Verhalten diesen analog. Man würde sich nun die erste Entwicklung auch hier als eine fast nur morphologische Ausbildung einer homogenen Grundsubstanz denken können, deren an verschiedenen Orten verschieden ausfallende Gestaltung den Grund abgibt, warum hier in sie Kalksalze zur Bildung von Knochen, dort Eiweiss zur Entstehung von Nervenmark, an einem dritten Orte ein anderer Proteinkörper zur Herstellung der Muskelsubstanz, noch anderswo Fett eingelagert wird. So würden die eigentlich wirksamen Bestandtheile des thierischen Körpers überall als Parenchym im eigentlichsten Sinne, als ungeformte, zähflüssige Massen erscheinen, eingebettet in die feine Formorganisation eines häutigen, zelligen oder faserigen Skeletes, dessen chemisch viel weniger veränderliche Natur ihrer eignen Veränderlichkeit durch die Function stets als zusammenhaltende Stütze diente. Es muss jedoch dahin gestellt bleiben, ob die exacte Histiologie diese Analogie zwischen pflanzlicher und thierischer Organisation bestätigt.

308. Auch für die gegenseitige Lagerung der einzelnen Organtheile, z. B. die der Arterien-, Venen- und Nervenstämme eines Gliedes liesse sich wenigstens der Schatten eines Motivs in jener Zerfällung des ursprünglichen Bildungsstoffs in verschiedene Modificationen finden. Die abweichende chemische Natur der letztern kann verschiedene Grade der Anziehung zwischen ihnen bedingen, aus denen eine einzige unvertauschbare Anordnung hervorgeht. Allein es ist unnütz, solcher Vermuthungen noch mehr anzuführen; es liegt auf der Hand, dass sie allzuärmlich sind im Vergleich zu der unendlichen Mannigfaltigkeit der zu erklärenden Thatsachen. Auch haben wir es auf die Durchführung einer Erklärung, die noch für lange Zeiten unmöglich sein wird, nicht abgesehn, sondern auf Andeutung einiger Mög-

lichkeiten, welche gewisse Gruppen von Problemen zusammenzufassen und einem allgemeinen Erklärungsmittel anzunähern gestatten. Vieles, was uns jetzt anknüpfungslos erscheint, wird die fortschreitende Untersuchung an seinen Ort stellen; wer jetzt den Grund für Grösse, Gestalt und Lage der dunklen und lichtern Flecke und Streifen auf der Haut eines Leoparden oder Zebra suchen wollte, würde keine bestimmte Richtung wissen, in der er liegen könnte. Gewiss aber sind diese Erscheinungen nicht neue Räthsel für sich, sondern werden mit erklärt sein, sobald Verbreitung und Wirkungsweise der sympathischen Nervenfasern bekannt sein wird, deren Einfluss auf die Gestaltbildung und Ernährung man jetzt ebenso vernachlässigt, als man ihn früher überschätzte. Gerade dies verhindert jetzt am meisten jeden Versuch zu einer Mechanik der Entwicklung, dass uns noch eine Topik der Probleme fehlt; wir wissen nicht, welche Ereignisse unabhängig von einander und höchstens Coeffecte allgemeinerer Wirkungen sind, welche andern dagegen sich unmittelbar wie Grund und Folge verhalten. Die Mikroskopie wird diesen Mangel nicht so leicht decken können, da nicht nur alles Sichtbare zu sehen schon schwer ist, sondern unsichtbare Zusammenhänge hier überall zu vermuthen sind.

309. Eine ihrem äusserlichen Aussehen nach etwas bekanntere Reihe von Umgestaltungen erfährt die ursprüngliche Keimanlage durch viele secundäre Veränderungen, welche die primären Ansätze durch ungleichförmige Entwicklung ihrer einzelnen Theile erleiden. Durch sie wird die grosse Kluft zwischen der Einfachheit der ersten Anlage und der verwickelten Gestalt des späteren Ganzen einigermassen ausgefüllt. Ein vollständig symmetrisch gebildeter Keim würde nur in einer localen Verschiedenheit der äussern Bedingungen einen Grund zu solcher Ungleichförmigkeit des Wachsthums finden; eine einzige schon vorhandene Asymmetrie des Innern dagegen kann ein Motiv der verschiedenartigsten Fortbildung werden. Die ganze Entwicklung des Körpers kann nun als der Erfolg eines Conflictes angesehen werden zwischen der symmetrischen Bildungstendenz, die sich nothwendig aus der ursprünglichen Gleichartigkeit der Bildungsmassen herschreibt, und den verschiebenden Antrieben, die stets auf sie durch die Asymmetrie der Längenaxe und die abweichende Si-

tuation der vertical geschichteten Keimblätter ansgeübt werden. Nicht mit dem mechanischen Interesse unserer Betrachtungsweise, sondern von sehr abweichenden Standpunkten aus hat die naturphilosophische Schule der Physiologie diesen typischen und symmetrischen Bildungstendenzen des Körpers ihre Aufmerksamkeit zugewandt; ihre Resultate, obgleich von vermeidlichen und unvermeidlichen Unvollkommenheiten gedrückt, verdienen im Allgemeinen gewiss die ihnen häufig widerfahrne Missachtung nicht; sie enthalten vielmehr, anders aufgefasst, wichtige mechanische Gesichtspunkte. Die bekannte Theorie, welche das Schädelgewölbe aus der Verschmelzung mehrerer Knochenwirbel entstehen lässt, mag darin fehlen, dass sie zuweilen die Erzeugung der Wirbelform selbst als einen geheimnissvollen Zweck der Bildungsthätigkeit betrachtet; sie mag ferner unvollkommen sein, weil es ihr noch nicht gelungen ist, zweifellos nachzuweisen, welche Theile des Schädels bestimmten Theilen vorausgesetzter Wirbel entsprechen, aber ihrer allgemeinen Absicht nach können wir sie unmöglich zu den willkührlichen Träumen rechnen, deren sich die exacte Physiologie zu schämen hätte; sie scheint uns vielmehr zu der Reihe jener nothwendigen Hypothesen zu gehören, deren gerade die exacten Wissenschaften bedürfen, obgleich sie vor ihrer ausreichenden Bestätigung nicht als eine Lehre von Thatsachen vorgetragen werden darf. Ihr mechanischer Sinn ist eben dieser, dass aus einem gleichförmigen Keimstoff eine differente Bildung einzelner Theile nur durch den Einfluss neuer bedingender Umstände entstehen kann, und dass die entstandenen Producte demgemäss als Verschiebungen eines normalen Typus angesehen werden müssen, der sich in grösserer Reinheit in den Gliedern der Reihe ausspricht, die von jenem Einfluss am wenigsten berührt werden. In dem Knochengerüst sind diese Glieder offenbar die rippentragenden Wirbel, die namentlich in mehrern niedern Klassen der Wirbelthiere in grosser Anzahl gleichförmig gebildet auf einander folgen. Auf diesen Formtypus würde nicht allein der Bau des Schädels, sondern auch der der Extremitäten zurückzuführen sein.

310. Ob die Versuche, die dieser Aufgabe bisher gegolten haben, zu willkührliche Vergleichungen einzelner Theile, zu ge-

wagte Voraussetzungen von Verschiebungen, Verschmelzungen und Umbildungen derselben enthalten, lässt sich, wie mir scheint, aus dem vorhandenen Material der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte noch keineswegs allgemein mit Sicherheit entscheiden. Ehe die Umstände, von denen jene Verrückung der ursprünglichen Bildungstendenz ausgeht, bekannt sind, lässt sich auch ihre Wirkungsweite nicht bestimmen, um so mehr, da die Abhängigkeit der Formbildung und der Mischung von einander uns noch wenig klar ist. Kaum zweifelhaft kann es sein, dass man zuweilen das Recht hat, einem Formelemente, das in dem einen Thierkörper beständig als Knochen auftritt, ein anderes zu vergleichen, das in einem andern Körper stets nur als Sehne oder fibröses Gewebe ausgebildet erscheint, so dass ursprünglich morphologisch gleich bedeutsame Punkte in verschiedenen Organismen histiologisch sehr abweichen können. Eben so gewiss ist es, dass die Natur, wie sie schon in einem und demselben Körper Theile desselben Form- und Gewebsystems später zu Organen für ganz verschiedene Functionen ausbildet, demselben Verfahren auch in der Construction verschiedener Körper folgt, so dass der physiologische Werth der Theile nicht überall dem morphologischen entspricht. So wie ferner in den Blättern von Pflanzen, die eine gesetzlich bestimmte Anzahl von Rippen besitzen, doch häufig nur einige deutlich, andere nur mikroskopisch wahrnehmbar sind, so können auch die verschiedenen Ausbildungsgrade eines Elements keinen Grund gegen seine ursprünglich gleiche morphologische Bedeutung abgeben. Alles dies sind Gründe, auf welche sich jene Versuche der Zurückführung der Bildungen auf einen Typus immer stützen können; allein es sind, wie wir zugestehen müssen, Analogien von ganz unbestimmter Tragweite; die Erfahrungen zeigen nur, dass sie alle zuweilen vorkommen, aber sie ziehen für keine eine bestimmte Grenze der Anwendbarkeit. Die Ausführung dieser Ideen müssen wir daher einer sinnigen alle vorhandenen Umstände wohl zu Rathe ziehenden Vergleichung des empirischen Materials überlassen, die Idee selbst dagegen, als eine allgemeine Tendenz der Untersuchung, scheint uns völlig gerechtfertigt eine nothwendige Voraussetzung der allgemeinen Physiologie zu bilden. Wie in der simultanen Bildung der Thiere, so auch in der suc-

cessiven der Pflanzen muss derselbe Gesichtspunkt festgehalten werden, und die von Göthe angeregte Idee der vegetabilischen Metamorphose enthält gewiss, obwohl ganz gegen seine eigne Meinung, die Andeutung eines nutzbar zu machenden Princips für die Mechanik der Gestaltbildung.

311. Die Processe nun, durch welche die ursprüngliche Anlage zu ihrer local verschiedenen Ausbildung gebracht wird, bestehen stets in einer ungleichförmigen Vegetation, durch welche einzelne Punkte mit grösserer Beschleunigung wachsen, während andere frühzeitiger eine Grenze ihrer Entwicklung erreichen. Da alle Theile unter einander zusammenhängen, so erzeugt dieser primäre Vorgang eine Menge secundärer Lagenveränderungen, die theils als Verschiebungen, Ausbuchtungen, Einstülpungen oder Dehnungen nur erscheinen, theils wirklich auf diesem Wege durch mechanischen Zug und Druck hervorgebracht werden. Diese Ortsveränderungen sind in der ersten Entwicklung von grosser Weite und sie führen, indem sie früher entfernte Theile nähern, andere entfernen, wiederum Gelegenheiten zu Einwirkungen herbei, durch welche bald die Verwachsung der ersten, bald eine Trennung der Continuität in den letztern entsteht. Ein grosser Theil der spätern Gestaltverhältnisse ist deshalb gar nicht auf irgend eine actuelle Weise in der ersten Anlage begründet, sondern der Effect der Bewegungen, in welche das Gebildete durch den Fortgang seiner Entwicklung geräth. Aber wir müssen es der Entwicklungsgeschichte überlassen, die mannigfachen hier vorkommenden Formen der Ereignisse zu schildern, die Verschmelzung isolirt entstandener Theile zu einem Organ, die Theilung eines ursprünglich einfachen Keimes in ein symmetrisch auseinanderweichendes Organenpaar, die Zerfällung einer früher homogenen Bildungsmasse in eine grosse Anzahl von Fasern, die Verschliessung zuvor vorhandener Oeffnungen, die Bildung neuer durch Resorption oder Zerreissung von Zwischenwänden. Grund und Zweckmässigkeit jedes dieser Vorgänge im einzelnen Fall ist uns bei unserer Unkenntniss der ersten allgemeinen Bildungsformel des Keimes eben so unklar, als die ähnlichen Verschiedenheiten der Entwicklung in den einfachen Zellen.

312. Auch in dem ausgebildeten Körper übt die freilich langsamer gewordene Entwicklung mechanische Kräfte aus und

überwindet mechanische Widerstände. Die Grade der Cohäsion zuerst, welche die Theile den äussern Gewalten entgegensetzen, schwanken zwischen sehr weiten Grenzen. Derselbe Zellenstoff, der in den fleischigen Früchten das zarte, dem leisesten Drucke weichende Netzwerk darstellt, welches den Saft umschliesst, erhärtet in andern Theilen durch fortgesetzten Absatz anderer Stoffe und Verminderung der wässerigen Säfte zu einer Festigkeit, durch welche das Holz vieler Pflanzengattungen in der technischen Anwendung manche Gesteine übertrifft. Geringer ist im Allgemeinen die Härte thierischer Theile, obgleich im Einzelnen manche Knochen- und Hautpanzerbildungen die vegetabilische Cohäsion noch überbieten. Die Kraft des Zusammenhangs folgt den Richtungen, welche die Entwicklung durch die Function einschlug; stets ist die Cohäsion in der Länge faseriger Gebilde grösser, als quer von einer Faser zur andern, selbst wo eine besondere Zwischensubstanz die Fasern verkittet. Dehnbarkeit und Elasticität endlich sind an den organischen Stoffen in einem Grade ausgebildet, der sie von jeher zu den Befestigungs- und Bindemitteln für den Gebrauch des täglichen Lebens und zu dem Material aller beweglichen und biegsamen Kleidungsstoffe bestimmt hat. Aber nicht nur gegen aussen, sondern auch unter sich üben die Bestandtheile der organischen Körper während ihrer Bildung zum Theil sehr bedeutende mechanische Kräfte aus, die auf den ersten Anblick störend, doch wieder in den allgemeinen Lebensplan jedes Wesens mit aufgenommen sind. Denken wir uns ein in bestimmte räumliche Grenzen eingeschlossenes Aggregat bildsamer Materie, das sich durch Wechselwirkung mit äusserem assimilirbaren Stoff vergrössern soll, so müssen wir es als ein System von Massentheilchen betrachten, die unter einander in gewissen festen, obwohl überwindbaren Verbindungen stehen. Ein Theil der einwirkenden Kräfte oder ein Theil des Erfolgs, den ihre eigne Wechselwirkung haben könnte, wenn sie freie Punkte wären, geht daher stets durch die Ueberwindung des Widerstands verloren, den die Verbände der Theile ihren unabhängigen Veränderungen entgegenstellen. Diese Umstände haben hier freilich nicht dasselbe Interesse, wie in dem Bau der Maschinen, wo es darauf ankommt, die treibende Kraft zu sparen, wohl aber sind sie nicht unmerkwürdig für die allgemeine Be-

trachtung der Gestaltbildung. Zum Theil erscheinen uns die Einflüsse, die sie auf sie ausüben, gleichgiltig, wie z. B. die polyedrischen Gestalten, welche die früher sphärischen Zellen durch gegenseitigen Druck annehmen; zum Theil sind sie selbst Mittel der weitern Bildung, indem etwa ein einzelner Vegetationspunkt durch lebhaftes Wachsthum nach allen oder nach einzelnen Richtungen in den umgebenden Theilen Compressionen oder Anspannungen hervorbringt, durch welche Krümmungen, Ausbuchtungen oder Windungen entstehen, die in der Organisation des ganzen Körpers ihre wesentliche Bedeutung haben. Zum Theil endlich erscheinen sie uns nur als störende Einflüsse, die jedoch im Leben des Ganzen compensirt werden. So vermag der Stamm perennirender Pflanzen die neuen Jahrestriebe nicht ohne Verdickung in sich aufzunehmen, und diese ist nothwendig mit Berstung der umgebenden jetzt zu eng gewordenen Rinde verbunden. So muss ferner ein cylindrischer Knochen, indem er in der Nähe seiner Gelenkverbindungen wächst, zugleich die angehefteten Weichtheile, wie die Muskeln, ausdehnen; und das ganze Wachsthum organischer Körper überhaupt ist nicht nur durch physische Kräfte bedingt, sondern übt auch stets mechanische Anstrengungen gegen das schon Bestehende aus, das als eine mannigfach zu hebende und zu verschiebende Last der fernern Entwicklung gegenübersteht. Diese Erscheinungen leiten uns von selbst zu einer allgemeineren Betrachtung der Leistungen über, welche die organischen Körper auszuführen bestimmt sind.

VIERTES KAPITEL.

Von den Leistungen der lebendigen Körper.

---

§. 28.

Dynamik der Bewegungen.

313. Bewegungen werden in Pflanzen und Thieren in ebenso mannigfachen Formen als durch verschiedene Mittel bewirkt. Sie

sind bald Ortsveränderungen flüssiger oder fester, in Flüssigkeiten suspendirter Theile im Innern gewisser Gestaltelemente, deren Grenzen weder überschritten noch geändert werden, bald Veränderungen der relativen Lage einzelner Formbestandtheile, die durch Gelenke oder andere Anheftungen mit der übrigen Gestalt fest verbunden sind, bald endlich Fortschreitungen, in welchen der ganze Organismus, nicht durch von aussen mitgetheilte, sondern durch von ihm selbst erzeugte Bewegung seinen Ort im Raume verändert. Die letzten Ursachen aller dieser Bewegungen kennen wir nicht; sie liegen verborgen in jenem noch so unerforschten Reiche molecularer Wirkungen, durch welche die gegenseitige Lage der Punkte eines Massensystems und ihr Verhalten zu der äussern Umgebung abgeändert wird. Nur die zusammengesetzteren Anstalten, welche die Natur öfter zur Anwendung der Bewegungen und zu ihrer Uebertragung auf bewegliche Objecte macht, sind uns häufig bekannter, und dies gibt uns wohl die Täuschung, als verständen wir z. B. die Dynamik der Muskelzusammenziehung, während wir die Bewegung reizbarer Pflanzentheile nicht zu begreifen zugestehen. Aber dort blendet uns nur die Deutlichkeit der äussern Erscheinung, unter der die Wirkung auftritt, die Längsfaserung der Muskeln, ihre sichtliche Verkürzung, die Entwicklung des Hebelmechanismus, den sie angreifen; der letzte Grund jedoch für die Annäherung der Muskelelemente nach der Längenaxe der Fasern ist uns nicht bekannter, als die Kraft, welche ohne sichtbare Werkzeuge die Bewegung jener vegetabilischen Theile hervorruft.

314. Dennoch liesse sich ein für die allgemeine Physiologie nicht unwesentlicher Gesichtspunkt für die Gruppirung der Bewegungen denken. Gehen wir nämlich nicht sowohl auf die einfachen mechanischen Kräfte zurück, durch welche sie ausgeführt werden, fragen wir vielmehr, im Zusammenhange welcher grösseren physiologisch wichtigen Processe die unbekannten Anstösse ihrer Hervorbringung erzeugt werden, so können wir sie eintheilen in Bewegungen des Wachsthums, abhängig von der eigenthümlichen Richtung des Bildungstriebes in jedem Geschöpfe und den allgemeinen äusseren Lebensreizen, in Bewegungen des Stoffwechsels, bedingt durch die chemischen Gegenwirkungen der ponderablen Elemente ebensowohl als der Im-

ponderabilien, die im Verlaufe der Massenumwandlung sich einstellen, und unterstützt nur durch die äussern Umstände, die überhaupt jeder Chemismus voraussetzt; endlich in Reizbewegungen, die ohne an vorausbestimmte Perioden gebunden zu sein, von zufällig eintretenden Anregungen augenblicklich hervorgebracht werden. Es fehlen uns jedoch die Mittel, die vorkommenden Fälle mit Sicherheit unter diese Gruppen einzureihen..

315. Wir haben im Vorigen schon erwähnt, wie die Massenzunahme eines geschlossenen Systems und seine Formentwicklung durchgreifende Verschiebungen auch in der Lage der schon gebildeten Bestandtheile hervorbringt. Die Geschwindigkeiten, die hierdurch so wie unmittelbar durch den Process der Neubildung den Elementen mitgetheilt werden, sind sehr unbeträchtlich und die Bewegung erfolgt meist in jener unmerklichen stetigen Weise, die das Wachsthum alles Organischen längst zu dem gewöhnlichen Bilde schöner geräuschloser Entwicklung gemacht hat. Nur in einzelnen Fällen, wo durch diese langsamen Wirkungen Spannungen von Kräften auf ein Maximum getrieben werden, enden sie mit einer plötzlichen schnellen Bewegung; so in dem Aufspringen austrocknender Samenkapseln, zuweilen auch in der elastischen Entfaltung der in der Knospe zusammengelegten Blätter. Die Grösse der Kraft dagegen, welche die vereinigten Wachsthumsbewegungen vieler Elemente ausüben, ist häufig sehr bedeutend. Die Wurzelfasern einer Pflanze vermögen den Zusammenhang einer Felsmasse zu lockern, indem sie Flüssigkeiten anziehen und sie zur immer wachsenden Anschwellung ihrer Formbestandtheile benutzen. Die Ausdehnung der organischen Masse, doch vielleicht durch zersetzende Ausscheidungen unterstützt, überwältigt hier die Starrheit der unorganischen Umgebung. Findet die Wurzel für schnelles Wachsthum zu harten und dichten Untergrund, so dehnt sie sich nicht allein seitlich aus, sondern im Bestreben, sich zu verlängern, hebt sie auch das ganze Stammgebilde über sich empor, und nicht nur die Wurzeln kleinerer Pflanzen, selbst die grösserer Waldbäume werden allmählich über der Oberfläche des Bodens sichtbar.

316. Der Keim der Pflanze spaltet sich nicht nur in die functionell entgegengesetzten Arme des Würzelchens und des

Knöspchens, sondern beide nehmen auch gegen den Erdkörper sofort eine bestimmte Richtung an. Wie geneigt auch die Bodenfläche oder wie verkehrt die Lage des keimenden Samens selbst sein mag, bei den meisten Pflanzen wendet sich die Wurzel senkrecht nach unten, die Knospe nach oben; künstlich abgelenkt, suchen sie diese Richtung wieder auf. Man hat diese Erscheinung verschieden gedeutet. Zu einem Einfluss der Schwere, den man früher unklar annahm, kehrt Mohl nicht klarer zurück (Wagners Handwörterb. IV. 295.). Ich verstehe nicht, wie eine Kraft, die auf alle Theile eines Systems gleichmässig wirkt, ihm eine bestimmte Richtung der Entwicklung geben soll. In Pflanzen, die ganz in demselben nachgiebigen Medium, ganz in Wasser oder Luft keimten, könnte der Schwerpunkt, wenn er stets in die Wurzel fiele, eine beständige Einstellung derselben nach unten bedingen; unmöglich dagegen scheint ein richtender Einfluss der Schwere auf den im Boden keimenden Samen. Schleiden vermuthet, dass der Stengel der Pflanzen dahin wachse, wohin die Verdunstung die Stoffe zieht, die Wurzel dahin, von woher die Nahrung kommt. Dies physikalisch begreifbare Motiv erklärt jedoch nicht alles. Die Verdunstung wirkt allseitig über dem Boden, der Nahrungszustrom allseitig unter ihm; jene würde nur irgendwie den Stengel über den Boden erheben, dieser nur irgendwie die Wurzel unter ihn hinabziehen. Der senkrechte Auftrieb in einer dünnen cylindrischen Axe kann nicht die Resultante dieser Kräfte sein. Man könnte annehmen, es genüge, wenn nur die ersten Ansätze der radicula und plumula durch solche Umstände ihre bestimmte Richtung erhielten; die Concentration des Wachsthums in einen langaufschiessenden Cylinder werde durch andere morphologische Verhaltnisse bedingt, die stets nur den Endzellen des senkrecht aufsteigenden Gebildes, nicht ebenso den seitlichen Zellen der Wandungen fortschreitende Entwicklung erlauben. Wo dennoch auch die Seitentheile Punkte lebhafter Vegetation entwickeln, sehe man in der That die Zweige als Nebenaxen von nicht mehr verticaler Richtung hervorsprossen. Auch dies genügt jedoch nicht. Gewächse, die welkend ihre Stengelspitze gesenkt haben, lassen sie, sich wieder erholend, oft in derselben Lage, wenden aber den neuen Trieb dennoch wieder senkrecht nach oben und nehmen so seltsam gewundene

Wurmformen des Stengels an. Die Terminalknospe wird also in ihrer senkrechten Richtung nicht allein durch den Auftrieb der unterliegenden Theile erhalten, sondern sucht sie selbstthätig wiederzugewinnen.

317. Auch der Einfluss des Lichtes enthält die Erklärung nicht. Zwar wachsen die meisten Pflanzen nach ihm zu, mit Ausnahme weniger Theile, die es fliehen; sie verlängern auffallend ihre Stengelgebilde, um ihre Terminalknospe und ihre Blätter dem Orte seines künstlich beschränkten Eintritts zu nähern; sie entwickeln selbst den Stengel nach unten, wenn nur von dort das Licht einwirkt; dennoch enthält dies Alles für das Wachsthum im Freien kein Princip der Richtung. Indirectes Licht umgibt die Pflanzen allseitig, der directe Sonnenstrahl könnte sie in unsern Breiten nicht senkrecht einstellen; seine Wirkung zeigt sich vielmehr neben dieser allgemeinen Richtung der Pflanzenaxe in der Stellung der Blätter, die bei den meisten Pflanzen sich mit ihrer obern Fläche nach dem südlichen Himmel wenden, so wie in der überwiegenden Ausbildung der Zweige nach der Sonnenseite. Ueberhaupt suchen die Pflanzen jene senkrechte Richtung immer, mögen sie im Dunkeln oder Hellen, in der Erde oder der Luft oder im Wasser keimen; die Ursachen derselben sind daher bis jetzt nicht ermittelt.

318. Da die Erhebung des Stengels und der Zweige mit ihrer Blätterfülle eine nicht unbeträchtliche mechanische Arbeit ist, so kommt in Betracht, dass der senkrechte Auftrieb des Stammes und eine symmetrische Vertheilung der Aeste die günstigste Anordnungsweise dieser Lasten ist, da in einem Falle idealer Regelmässigkeit der Schwerpunkt der gesammten Masse durch die haltbaren Gebilde des Stengels unterstützt wird. Wo diese bestimmte Richtung nach oben oder die Steifigkeit des Stengels fehlt, sind die Pflanzen zum Kriechen, Ranken oder Winden genöthigt, und entwickeln dort Nebenwurzeln aus einzelnen Abtheilungen ihres Stammes, hier Haftorgane von meist spiralig gedrehter Form zur Umschlingung fremder Stützen. Im letzten Falle drehen die Internodien des Stengels selbst, ursprünglich grade verlaufend, sich um ihre Längenaxe, für jede Pflanze in bestimmter Richtung nach rechts oder links, und führen so das überhängende Ende des Stengels in einem Kreise umher, bis es

durch eine zufällig angetroffene Stütze zu engerer Umschlingung derselben gereizt wird. Die mechanischen Ursachen jener ersten Drehung des Stengels und der Grund ihrer bestimmten Richtung ist ebenso unbekannt, als bei den Stämmen mancher Bäume, deren Holzfasern in geringerem Grade eine ähnliche Windung um die Längenaxe zeigen. (Mohl a. a. O., S. 307).

319. Der Eintritt von Stoffen in den Körper, durch chemische Anziehung seiner Theile bewirkt, der Austritt anderer, durch ihre eigene Expansion oder die treibende Kraft der Organe vermittelt, muss rückwirkend auf die verschiebbaren Theile des Leibes stets Anstösse zur Bewegung ausüben, die jedoch in vielen Fällen, weil sie von mehreren Seiten zugleich eintreten, einander aufheben. Für Organismen von geringer Masse dagegen, die in einem flüssigen Medium leben, können diese Anstösse, wo sie ungleichförmig auf einzelne Punkte des Körpers wirken, zu Ortsveränderungen des ganzen ausschlagen. Jede chemische Anziehung ferner kann auf geringe Entfernungen hin Bewegungen der kleinsten Theilchen sowohl unmittelbar veranlassen, als durch die Entbindung gasförmiger oder imponderabler Stoffe so wie durch Strömungen, in welche der chemische Process flüssige Massen versetzt, und denen die festen zu folgen genöthigt werden. So fehlt es im Stoffwechsel nicht an allerhand Gelegenheiten zu Bewegungen, und sowohl die fortschreitenden, als die schwingenden würden leicht als mögliche Folgen dieser grossen Menge beständiger kleiner Gegenwirkungen sich denken lassen. Aber auch nur als mögliche Folgen: die näheren Bedingungen jener Bewegungen und die bestimmtere Gestalt dieser molecularen Erschütterungen, die den lebendigen Körper stets durchkreuzen, sind uns beide so wenig bekannt, dass wir nicht wagen dürfen, jene auf diese im Einzelnen zurückzuführen. Nur aus Mangel einer besser begründeten Richtung unserer Vermuthungen führen wir einige Arten der organischen Bewegung unmittelbar nach diesen allgemeinen Bemerkungen auf. Wir meinen alle jene Bewegungen, die keine neue beständige Lage der Theile und keine bleibende Formumänderung bewirken, zu dem Ganzen des Wachsthums also nicht gehören, und die ferner, obgleich zu ihrem Zustandekommen äussere Bedingungen gehören, doch entweder stetig, oder so rhythmisch und periodisch geschehen, dass sie

nicht von zufällig eintretenden, sondern von jenen beständigen Lebensreizen abhängen müssen, auf welche der Stoffwechsel seinem ganzen Plane nach begründet ist.

320. In vielen Pflanzenzellen ist eine Bewegung ihres eiweisshaltigen Saftes beobachtet worden, der, ohne sich mit dem übrigen wässerigen Zellsaft zu mischen, durch diesen hindurch entweder, wie in dem frühest bekannten Beispiele der Chara in einem einfachen in sich zurückkehrenden Strome an der einen Seite der innern Zellenwand aufsteigt, an der andern absteigt, oder wie in den Zellen der Haargebilde phanerogamer Pflanzen, in vielen verästelten, anastomosirenden Strömchen von dem Zellenkerne aus nach der Peripherie der Zelle fliesst, und von dort umkehrend nach diesem zurückläuft. Diese Bewegungen, die häufig durch die kleinen Körperchen von abweichender Farbe deutlicher werden, die sie wie Chlorophyllkügelchen mit sich führen, kommen sehr allgemein im Pflanzenreich vor, indessen ist doch ihre Ausdehnung über die einzelnen Zellen derselben Pflanze, so wie ihre Anordnung in den verschiedenen Gattungen nicht erschöpfend bekannt, und über den dynamischen Hergang ihrer Erzeugung wissen wir durchaus Nichts. Ganz das Gleiche gilt von der weit verbreiteten Form der Flimmerbewegung, deren Untersuchung bis jetzt nur eine grosse Menge undeutbarer Thatsachen kennen gelehrt hat. Flimmerhaare, meist in geringer Anzahl, besetzen die Sporen der Algen, und ertheilen ihnen durch ihre Schwingungen die fortschreitende Bewegung, die sie einige Zeit nach ihrem Austritt aus der Mutterpflanze zeigen, ehe sie sich festsetzen und keimen. Im Thierreich kommen die Flimmerhaare in grösserer Ausdehnung als flimmernde Epitelien vor, und bedingen bald, die äussere Oberfläche, wie an den Eiern niederer Klassen überziehend, drehende Bewegungen des ganzen Körpers, bald innere Wandungen der Organe auskleidend, verursachen ihre Schwingungen Ortsveränderungen der anliegenden Säfte und kleiner in ihnen suspendirter fester Theilchen. So scheinen sie in den Gefässen der Thiere mit Chyluscirculation zur Fortbewegung dieses Nahrungssaftes wesentlich mitzuwirken. Aber in den meisten übrigen Fällen ihres Vorkommens ist ihre bestimmtere Aufgabe ganz unbekannt: sie fehlen häufig in der einen Thierklasse an einer Stelle, wo eine nahe verwandte sie

besitzt; sie hören in einzelnen Organen plötzlich an Orten auf, die nicht den Eintritt einer andern Function erwarten lassen. Gleich ihrem Zwecke sind die Ursachen ihrer Bewegung unbekannt. Thierische Flimmerhaare schwingen noch lange, nachdem die Epitelealzellen, von welchen sie, meist viele zugleich, entspringen, aus dem Körper entfernt und dem Einflusse der Circulation und der Nerven entzogen sind. Die Bedingungen ihrer Vibration müssen daher, wenn sie von diesen beiden grossen organischen Systemen abhängen sollen, doch nur in einer mittelbaren Weise von ihnen hergestellt werden und längere Zeit hindurch in dem schwingenden Organ selbst sich erhalten. Die Wärme wirkt, wie auf alle organischen Verrichtungen, so auch auf sie, begünstigend; dieselben Gifte, wie Opium und Blausäure, die sich jenen feindlich erweisen, heben auch die Flimmerbewegung der Pflanzen und Thiere auf. Mit dem dynamischen Anstoss der Bewegung entgehen uns auch die besonderen mechanischen Bedingungen ihrer häufig constanten Schwingungsrichtung nach einer Seite hin, so wie ihrer Periodicität und Schnelligkeit, und dasselbe Geständniss völliger Unwissenheit dehnen wir zugleich auf die mannigfachen Bewegungen der thierischen Samenfaden, so wie der ähnlichen beweglichen Fäden aus, die man in den Antheridien beblätterter Kryptogamen gefunden hat.

321. Als eine Mittelstufe zwischen dieser Gruppe von Bewegungen und denen, die auf Reize erfolgen, können wir die periodisch wiederkehrenden Erscheinungen des Schlafens und Wachens der Pflanzen betrachten. Die allermeisten Pflanzen suchen das Licht und streben stets die dunkler gefarbte Oberfläche ihrer Blätter, so wie die Innenfläche ihrer Blüthe ihm zuzuwenden. Diese Stellung entspricht jedoch bei vielen Pflanzen den molecularen Wechselwirkungen ihrer Theilchen an sich nicht, und bei dem Aufhören der Lichtwirkung treten viele Blüthen und viele dünnhäutige und zartstielige, besonders zusammengesetzte Blätter in eine andere Stellung zurück. Der Ausdruck Schlaf ist daher insofern unpassend, als er zu allgemein auf einen Nachlass von Kräften deutet, da doch das Einschlafen der Pflanzen vielmehr eine Wirkung ihrer Elasticität im weitesten Sinne ist. Dies schliesst nicht aus, dass unter so veränderten äussern Bedingungen auch einzelne Thätigkeiten nachlassen, welche der Lichtreiz gesteigert

hatte. Wir kennen den bestimmteren Weg nicht, auf welchem das Licht und die mit ihm verbundene Wärme die Erwachungsbewegungen, die überhaupt in mannigfachen Formen eine grössere Ausbreitung und Entfaltung bezwecken, hervorbringen mag; wir wissen nur, dass verschiedene Pflanzen verschiedene Grade und Dauer des Lichtreizes zum Erwachen voraussetzen, und zu verschiedenen Stunden wieder einschlafen, Verhältnisse, die zu der bekannten Blumenuhr Veranlassung gaben. Einige wenige Blüthen öffnen sich in der Nacht und schliessen sich am Morgen, theilen also die Abneigung gegen das Licht, die ausser den Wurzeln der Pflanzen nur noch wenige Theile, wie die Ranken der Weinrebe kundgeben.

322. Die zusammengesetzten Blätter der Mimosa pudica zeigen das am besten bekannte Beispiel einer vegetabilischen Reizbewegung. In den stark angeschwollenen Gelenken ihrer Blattstiele sind die in der Mitte verlaufenden schmalen Gefässbündel von einer Zellenanhäufung umgeben, die von dem Gefässstrange abgelöst, sich in ihrer Längenrichtung ausdehnt, in ihrer Verbindung mit jenem sich daher in einem bedeutenden Grade von Compression befindet. Jede Art mechanischer, chemischer oder elektrischer Reizung, welche auf die untere Seite dieses Gelenkwulstes einwirkt, bringt eine Senkung des gemeinschaftlichen Blattstiels nach unten hervor; zugleich nähern sich die secundären Blattstiele einander und die Blättchen legen sich nach vorn und oben gewandt dachziegelförmig über ihnen zusammen. Stärkere Reize, welche auf anderen Stellen des Blattes eingreifen, verbreiten ihre Wirkung häufig bis zu dem Gelenke, wie es scheint, durch Vermittlung der Gefässbündel, deren Durchschneidung die Fortleitung hindert. Der Mechanismus dieser Reizbewegungen, die nach dem Aufhören der Einwirkung bald vorübergehen, ist nicht völlig aufgeklärt. Obgleich jedoch der Umstand, dass die Bewegung auf Reizung der Seite eintritt, welche in ihr selbst concaver wird, auf eine Entstehung derselben durch lebendige Contractilität hinzudeuten scheint, so lehrt doch die steile Aufrichtung des Blattes, die sofort nach Durchschneidung des obern Wulstes eintritt, dass die Bewegung vielmehr durch eine schiebende Wirkung erfolgt, welche sich auf der entgegengesetzten obern Seite des Blattstiels entwickelt. Es ist ungewiss, ob dieses Uebergewicht der Aus-

dehnung des obern Parenchyms allein durch eine Zunahme seiner lebendigen Schwellung oder zugleich durch eine Erschlaffung des unteren Wulstes herbeigeführt wird. Periodische Schwankungen im Turgor des letztern finden vermuthlich statt, da auch nach der Durchschneidung des oberen das Blatt nach einiger Zeit seine täglichen Schlafbewegungen wieder beginnt, und auf Reize, obgleich schwächer, sich zu senken fortfährt. Sind schon diese Verhältnisse ungewiss, so sind alle Versuche, das Zustandekommen dieser wechselnden Schwellungen zu erklären, vollkommen vergeblich, und ebenso unbekannt sind die Ursachen der Reizbewegungen, die die Blätter von Dionaea muscipula, Oxalis sensitiva, oder die Staubfäden von Berberis, Parietaria und andern ergreifen.

323. Auch im Thierreiche treten Beispiele eines durch äussere Reize erhöhten Turgors einzelner Theile des Körpers auf; aber sie scheinen hier stets die secundäre Folge einer Zusammenziehung anderer Theile oder einer Lagenveränderung zu sein, welche eindringenden Säften den Rückweg erschwert; nirgends sind deutliche Anzeichen einer directen Expansion der Gewebe durch Reize bekannt. Die Bewegungen namentlich, durch welche der Thierkörper entweder seinen Ort, oder die relative Lage seiner Glieder ändert, sind überall an die Contractilität einer organischen Substanz gebunden. In dem ausgebildetsten Beispiele dieser contractilen Mittel, in den Muskeln, findet die Zusammenziehung nur in der Längsrichtung der feinen langausgezogenen Fasern statt, aus denen ihre Substanz besteht, und erscheint deshalb als eine Verkürzung, mit welcher zugleich eine Verbreiterung des Querschnitts der einzelnen Faser sowie des ganzen Muskels verbunden ist. Eine Verdichtung der Substanz scheint zwar hierbei ebenfalls stattzufinden, aber in so ganz geringem Grade, dass sie die Verbreiterung des Querschnitts nicht merklich zu hindern im Stande ist. Die vollständige Aufgabe der Wissenschaft würde nun darin bestehen, zuerst den Ursprung der momentanen Verkürzungen aus dem periodischen Einflusse der auf den Muskel in einzelnen Augenblicken einwirkenden Kräfte und aus der beständigen Natur seiner Substanz selbst zu erklären; nachzuweisen ferner, wie aus diesen Bedingungen eine bewegende Kraft von bestimmter Grösse, übertragbar auf äussere

Lasten, entstehe; endlich zu zeigen, welche Erfolge diese Kraft in jedem Falle unter den Bedingungen auszuüben vermöge, unter denen ihr der anatomische Bau der Bewegungsorgane die Last anzugreifen verstattet. Von diesen drei Fragen lässt die dritte nur wegen der grossen Mannigfaltigkeit aller den jedesmaligen Effect der Muskelkraft mitbestimmenden Bedingungen keine genaue und vollständige Lösung hoffen, die ersten beiden werden ausserdem durch die geringe Kenntniss der Principien verwickelt, nach denen das Gleichgewicht der Molecularkräfte der Körper und seine Störungen beurtheilt werden müssten.

324. Der unthätige Muskel des lebendigen Körpers besitzt eine sehr vollkommene, aber schwache Elasticität. Ueber seine natürliche Länge schon durch kleine Kräfte beträchtlich ausgedehnt, zieht er sich nach dem Aufhören ihrer Wirkung vollkommen wieder auf sein voriges Mass zurück, kleine Gegengewichte reichen daher auch hin, diese Wiederverkürzung zu hindern. Zwischen ihren Befestigungspunkten sind nun die meisten Muskeln am Körper so angebracht, dass sie in jeder Lage der Glieder über das natürliche Längenmass ihres unthätigen Zustandes ausgedehnt sind; löst man sie von einem ihrer Insertionspunkte, so ziehen sie durch Verkürzung sich zurück, und erreichen nun erst die Länge, die ihrer physischen Elasticität zukommt. Allein ungeachtet dieser Spannung, in welcher sich, wie Ed. Weber in seiner meisterhaften Arbeit über diese Gegenstände gezeigt hat, gleichzeitig alle Muskeln eines Gliedes befinden, setzen sie doch den Bewegungen der Glieder nur einen sehr geringen Widerstand entgegen. Das Bein, sagt Weber, pendulirt am lebenden Körper, ungeachtet der grossen Muskelmassen, die über das Hüftgelenk hinweg gespannt sind, fast in demselben Tempo, wie das todte Bein thun würde, wenn alle jene Muskeln durchschnitten wären. Die Glieder verharren meist in völlig gestreckter und in völlig gebogener Lage von selbst, obgleich ihre Muskeln dabei sehr beträchtliche und verschiedene Abweichungen von ihrer natürlichen Form erleiden, weil ihre elastischen Kräfte nicht grösser sind, als der durch Reibung u. s. w. entstehende Widerstand. Diese Verhältnisse ändern sich nach dem Tode. Die Muskeln werden unnachgiebig und steif, und kehren, einmal mit Gewalt ausgedehnt, nur sehr unvollkommen zu ihrer früheren

Länge zurück (Ed. Weber, Muskelbewegung in Wagners Handwörterb. III. 2. Abth.).

325. Von der bleibenden Verkürzung, die der unthätige, von seinen Befestigungspunkten gelöste Muskel durch seine Elasticität erfährt, unterscheiden sich die vorübergehenden und weit grösseren Verkürzungen, die er während seiner Thätigkeit unter dem Einflusse des Nervensystems erleidet. Diese Verkürzungen erfolgen in einer Klasse von Muskeln, die sich durch die Querstreifen der Hüllen ihrer Elemente auszeichnen, momentan mit dem Eintritt des Reizes ihrer Nervenstämme, und hören augenblicklich mit dem Wegfall des Reizes auf (animalische Muskeln); in einer andern Klasse, denen jene Querstreifen fehlen, verfliesst nach Anbringung des Reizes eine häufig messbare Zeit bis zum Anfang der Contraction, die auch mit dem Ende der Reizung nicht sofort aufhört, sondern oft von einem Bündel auf das andere übergeht (organische M.). Willkührlicher Bewegungen ist nur die erste Klasse fähig, zu welcher alle Muskeln des Rumpfes und der Extremitäten gehören; das vegetative Leben dagegen besitzt zu seinen unwillkührlichen Bewegungen sowohl animalische als organische Muskeln, und zwar in verschiedenen Thieren nicht überall in gleicher Vertheilung. Die Gründe dieses Unterschiedes in der Wirkungsweise sind unbekannt, und wir kommen auf Vermuthungen hierüber später zurück, indem wir vorläufig unsere Betrachtungen nur an die animalischen besser gekannten Muskeln knüpfen. Wir kennen wenigstens in den höheren Thieren mit Sicherheit keine thätige Contraction dieser Muskeln, welche von allem Einflusse der Nerven unabhängig wäre, gleichviel, ob derselbe in einzelnen Impulsen wirkend, momentane Zuckungen, oder ob er, den Muskeln beständig zugeleitet, dauernde Zustände der Zusammenziehung hervorbringt. Reize aller Art, welche man unmittelbar auf die Muskeln anzuwenden glaubt, können nie verhindert werden, zugleich auf die feinen Nervenzweige zu wirken, die man von der Substanz der Muskeln nicht zu trennen vermag, und sie treffen diese feineren Elemente ohne Zweifel noch in einem reizbaren Zustande, lange nachdem die Wirkungsfähigkeit der grösseren motorischen Nervenstämme aufgehört hat. Aus den schönen Versuchen Rud. Wagners ergibt sich indessen, dass directe Reize auf das Herz des Hühnerembryo

Bewegungen bereits zu einer Zeit hervorbringen, wo Reize der nervösen Centralorgane noch keine Wirkung auf die Körpermuskeln haben, und von den Nerven des Herzens sich noch nirgend deutliche Spuren entdecken lassen. Noch vom 7—10. Tage der Bebrutung zeigt sich, wenn die Nadeln des Inductionsapparats auf der durchsichtigen nackten Haut herumgeführt werden, an den Extremitäten so wie überall am Rumpfe ein lebhaftes Spiel von kleinen Contractionen der Muskelbündelchen (Nachrichten von der G. A. Universität u. der Kön. Ges. d. W. zu Göttingen. 1850. Nr. 15.). Diese Thatsachen scheinen vollständig zu beweisen, dass die Muskelfaser in jener frühen Zeit der Bildung, in welcher sie noch nicht völlig in ihrem specifischen Unterschiede von andern lebensfähigen Gewebtheilen entwickelt ist, die directe Reizbarkeit theilt, die auch dem nervenlosen Körpergewebe der niedersten Thiere allgemein zukommt. Mit der Entwicklung des Nervensystems und ihrer eignen Weiterbildung scheint sie jedoch diese Fähigkeit zu verlieren, und in dem erwachsenen Thiere dürfte, wie es auch teleologisch zu erwarten war, ein äusserer Reiz nur dann Bewegungen erzeugen, wenn er dem contractilen Organ durch das Mittelglied des Nervensystems zugeführt wird.

326. Worin nun die Thätigkeit des Nerven selbst besteht, wissen wir nicht; natürlich vermögen wir noch weniger die Veränderungen namhaft zu machen, die sie in dem Zustande der Muskeln hervorbringen muss. Wir können auf sie nur bis zu einem gewissen Grade aus dem Theile ihrer Wirkung zurückschliessen, der in unsere Beobachtung fällt; nämlich aus der Verkürzung, die der Muskel im Augenblicke seiner Thätigkeit erfährt. Sie erfolgt in der ganzen Länge der Faser so gleichförmig, wie man sie auch an einem ausgedehnten Kautschukfaden beobachtet, ohne eine andere Gestaltänderung als eine gleichmässige Verdickung. Ihre Grösse ist weder bei allen Muskeln desselben Thierkörpers noch bei verschiedenen Individuen der gleiche Theil der natürlichen Länge; ihr höchster beobachteter Werth liess fast $^5/_6$, ihr mittlerer fast $^3/_4$ der Faserlänge verschwinden. Die höchste Verkürzung, deren der Muskel bei gleichem Reize fähig ist, erreicht er nicht augenblicklich, aber schnell; er verlängert sich, sobald er sie erreicht hat, sogleich von neuem, zuerst mit beschleunigter, später, je mehr er sich seiner unthä-

tigen Länge wieder annähert, mit verzögerter Geschwindigkeit. Der gleichbleibende Reiz ist also nicht im Stande, auf längere Zeit die veränderten innern Zustände des Muskels zu unterhalten, von denen seine Zusammenziehung abhängt. Diese Thatsache lässt sich mit der bekannten Erfahrung zusammenstellen, dass auch bei dem lebendigen Gebrauche der Glieder eine kraftvolle Contraction desselben Muskels nur auf sehr kurze Zeit möglich ist; gleichwohl ist während des Lebens die Dauer derselben unstreitig grösser, wegen des ununterbrochenen Wiederersatzes krafterzeugender Stoffe durch die Circulation des Blutes. Auch der ausgeschnittene Muskel erholt sich nach einiger Zeit der Ruhe und vermag dann bei neuer Reizung sich wieder weiter zusammenzuziehen, als am Ende der vorigen, obgleich nie so weit, als bei ihrem Anfang. Er verdankt diese Fähigkeit wahrscheinlich der Durchtränkung seiner Substanz mit Blut, das, obgleich wegen des Mangels der Circulation nur langsam und unvollständig, die entstandenen Zersetzungsproducte in sich vertheilt und neues erregendes Material den Moleculen zuführt. Imbibition von Wasser zerstört die Reizbarkeit des Muskels schnell, fortdauernde Befeuchtung durch Blut fristet sie etwas über die gewöhnliche Zeit ihres Erlöschens.

327. Die Grösse der Verkürzung ist aber bei dem lebendigen Gebrauche der Glieder noch ausserdem von dem einwirkenden Nervenimpulse abhängig. Denn dass wir verschiedene Grade der Zusammenziehung willkührlich und in einigen Organen mit ausserordentlicher Feinheit zu bestimmen vermögen, ist eins der wesentlichsten Erfordernisse für die nützliche Anwendung der Muskelcontractilität überhaupt. Nicht minder ist endlich auch die Geschwindigkeit, mit welcher der Muskel von der Länge seines unthätigen Zustandes zu einem bestimmten beabsichtigten Grade der Verkürzung gelangt, im Leben sehr verschieden und ebenfalls von der Art der nervösen Einwirkung abhängig. Beide Eigenschaften sind durch Versuche noch wenig oder gar nicht in ihrem näheren Verhalten aufgeklärt; sie sind offenbar nicht von blossen Grössenverschiedenheiten der Innervation, sondern von andern unter sich selbst verschiedenen Modificationsweisen derselben bedingt, und es wird stets schwer halten, an dem Reize, der in den Experimenten zur Anregung der Muskelthätigkeit be-

nutzt wird, ähnliche Variationen, denen des Nervenprocesses entsprechend, anzubringen.

328. Alle diese Thatsachen nun, welche zeigen, dass im Allgemeinen die Modificationen der Muskelthätigkeit denen der Nervenwirkung proportional erfolgen, haben häufig zu dem weiteren Schlusse geführt, dass überhaupt diejenige Kraft, durch welche ein Muskel sich zur Ausführung irgend einer mechanischen Leistung eignet, nicht von ihm selbst, sondern lediglich von dem Nerven entwickelt werde. Der Muskel würde dann, ohne selbst Kraft zu erzeugen oder die des Nerven zu vermehren, einzig als eine Art von Leiter dastehn, geschickt, die in der Innervation schon völlig vorhandene mechanische Bewegungskraft auf die Angriffspunkte der thierischen Gliederbewegung überzutragen und sie zugleich in eine für die Anfassung dieser Punkte passende Form umzuwandeln. Dass diese letztere Verrichtung unter allen Umständen nöthig sei, ergibt sich von selbst; denn welches auch die in der Innervation erzeugte Kraft sein mag, und wie sehr man auch glauben möge, dass der Muskel einzig durch sie, die er vom Nerven mitgetheilt erhält, seine Functionen vollziehe: jedenfalls ist jene Kraft in dem Nerven selbst an eine nicht contractile, leicht zerreissliche und unbedeutende Masse geknüpft, welche, selbst wenn sie sich verkürzte, keine Lasten zu bewegen vermöchte. Erst übergetragen auf das cohärente und feste Substrat der elastischen Muskelfaser würde sie Zustände erzeugen können, welche eine Bewegung der Glieder hervorbrächten. Aber es ist nicht im mindesten wahrscheinlich, dass auch nur die Grösse der Muskelkraft unmittelbar von dem Nerven geliefert werde, vielmehr ist die Innervation nur ein veranlassender Reiz, der durch ein Minimum von Kraftaufwand ein Gleichgewicht zwischen immanenten Kräften der Muskelsubstanz zerstört, und dadurch zu einer Entbindung viel grösserer wirkungsfähiger Kräfte führt, als er selber besass oder mitzutheilen vermocht hätte. Ungeachtet dann die absolute Grösse der erregten Muskelkraft nicht von dem Nervenreiz ausginge, würden doch seinen Schwankungen noch immer proportionale Schwankungen der Muskelkraft entsprechen können. Aber die erzeugbare Kraft des Muskels würde ein Maximum erreichen, sobald durch die Innervation die Elemente desselben vollzählig, und jedes einzelne derselben so voll-

ständig, als es seine Natur erlaubt, von der Lage seines Gleichgewichts abgelenkt wäre. Dies könnte vielleicht schon bei Graden der Innervation geschehen, über welche es noch höhere gibt, die uns dann freilich als wirkungslose Steigerungen der Intention vorkommen würden.

329. Nicht minder unbestimmt sind bis jetzt noch unsere Ansichten über die Natur der Kraft, durch welche die Verkürzung der Muskeln hervorgebracht wird. Dass sie als eine anziehende Kraft in einer Richtung wirkt, ist freilich klar, denn ihre Wirkung ist eine grössere Annäherung der Molecule in der Längsrichtung der Faser. Sie jedoch mit der allgemeinen Gravitation der Materie identificiren oder auch nur vorzugsweis vergleichen zu wollen, war ein unbedachtes Unternehmen früherer Zeit. Da sie nicht stetig, sondern nur auf den Reiz des Nervensystems wirkt, ist sie offenbar nicht einfachen inhärirenden Grundkräften der Materie zu vergleichen, sondern das Resultat eines Zusammenwirkens molecularer Kräfte, die durch den Impuls des Nervenreizes aus ihren früheren Verhältnissen zur Thätigkeit aufgeregt werden. Man hatte daher keinen Grund, ein besonders einfaches Gesetz ihrer Wirkung zu vermuthen, aber ebenso wenig Grund, die Muskelkraft von allen uns bekannten physischen Kräften deswegen verschieden zu glauben, weil sie bei der Annäherung der durch sie bewegten Molecule nicht wächst, sondern abnimmt. Es versteht sich von selbst, dass die weitere Wirkung einer anziehenden Kraft stets abnehmen muss, sobald die erreichte Annäherung selbst zu einem Widerstande gegen ihr Fortwirken wird. Dies ist hier der Fall, wo die sich anziehenden Muskelelemente schon vor dem Beginn der contrahirenden Wirkung sich in räumlicher Berührung befanden, und wo jede weitere Annäherung nur im Kampf gegen die andern Kräfte erreicht werden kann, durch welche in festen Körpern Dichtigkeit und Lage der Elemente gegen Störungen vertheidigt wird. Der Streit hierüber ist nur durch die falsche Voraussetzung entstanden, als liessen sich die Ursachen der Muskelthätigkeit unmittelbar in einfachen Kräften finden, während sie nur aus Aenderungen der Molecularzustände als temporäre Fähigkeiten zu dieser Leistung einer Verkürzung hervorgehen. Welches diese Aenderungen sind, lässt sich bis jetzt nicht bestimmen, selbst alle Vermuthungen darüber

entbehren eines festen Grundes. Jedoch wird man den Grundsatz festhalten müssen, dass alle Elemente, die wir von der Natur in einem fungirenden Organ versammelt finden, zu seiner Function auch beitragen. Ausser der Substanz der Nerven und der Muskeln ist deswegen ohne Zweifel auch die Blutflüssigkeit als mitwirkender Bestandtheil zu denken. Sie durchdringt ohnehin den Muskel so, dass sie von dem Begriff seiner Substanz nicht wohl ausgeschlossen werden kann; denn nicht ein trocknes Fasergebilde, sondern nur ein von ihr durchfeuchtetes ist contractile Muskelsubstanz. Möglich ist es daher, dass bei der Function der Muskeln die Zersetzung, die hier vorgeht und schnell einen gewissen Ermüdungsgrad herbeiführt, nicht sowohl die feste Substanz des Muskels, sondern mehr die Blutflüssigkeit trifft. Dahingestellt müssen wir aber lassen, ob eine solche chemische Veränderung des Bluts durch den Einfluss der Nerven die Quelle der Muskelkraft ist, oder ob von der Wirkung der letztern die Zersetzung nur als consecutive Erscheinung herrührt.

330. Der Zweck der Muskelthätigkeit besteht nun nicht in der Verkürzung selbst, sondern meist in der Bewegung irgend einer Last während derselben, bestände diese Last auch nur in der Masse des Körpergliedes, auf welches der sich verkürzende Muskel wirkt. Die Bewegung einer Last erfordert aber eine gewisse Grösse der bewegenden Kraft, für welche die Grösse der Verkürzung des Muskels an sich selbst allein keinen Massstab gibt, obgleich die Kraft, welche Lasten hebt, ihrer Natur nach keine andere ist, als die, welche auch die Verkürzung des Muskels hervorbringt. Wenn der Muskel in irgend einem Grade der Verkürzung beharrt, so befindet er sich während dieser Zeit im Gleichgewicht mit allen auf ihn wirkenden Kräften. Gleichgewicht aber kann zwischen gleichen Summen entgegengesetzter Kräfte bei jedem Grade der Intensität derselben stattfinden. Aus der Grösse der Verkürzung lässt sich daher auf die Grösse der Kraft, von der sie ausgeht, bei den Muskeln so wenig schliessen, als bei einem Kautschukfaden und einem Stahldraht, die sich unter passenden Bedingungen leicht um dasselbe Mass verlängern lassen, aber mit ganz verschiedener Grösse der Kraft gegen die ausdehnenden Ursachen zurückwirken. Diese Verhältnisse bilden den Gegenstand der meisterhaften Untersuchungen, durch welche

E. Weber die Lehre von der Muskelthätigkeit bereichert oder in wissenschaftlicher Weise zuerst geschaffen hat (Wagners Handwörterb. III, 2. Abth. S. 1 ff.). Der Strom eines magnetoelectrischen Rotationsapparates, den er als Reiz auf die Muskeln anwandte, kann neben dem Vortheil andauernder und nicht blos momentaner Zusammenziehungen, den er gewährt, zugleich als ein Reiz von sehr bedeutender Stärke angesehn werden, und erregt ohne Zweifel so kraftvolle Contractionen, wie sie im gewohnlichen Gliedergebrauch durch die Innervation nur sehr selten bewirkt werden. Lässt man unter diesem gleichbleibenden Reize die Muskeln bei verschiedenen Belastungen sich contrahiren, so wird die grösste mögliche Kraft eines Muskels durch das Gewicht gemessen, welches seine Verkürzung ganz unmöglich macht, aber seinerseits durch das Contractionsbestreben des Muskels so äquilibrirt wird, dass es ihn über die Länge seines unthätigen Zustandes auch nicht auszudehnen vermag.

331. Diese Versuche haben uns folgende Verhältnisse kennen gelehrt. Die Grösse der Verkürzung hängt, wie sich von selbst versteht, nur von der Länge der Faser ab; die Grösse der Kraft, die ein Muskel ausübt, ist dagegen der Anzahl seiner auf diese Weise wirksamen Elemente, also seinem Querschnitt proportional. In beiden Beziehungen sind jedoch die Fasern verschiedener Muskeln nicht identisch; die grösste mögliche Weite der Verkürzung, so wie das Gewicht, das bei gleichem Querschnitt ihre Zusammenziehung gerade aufhebt, sind für verschiedene, obgleich nicht in sehr bedeutendem Masse verschieden; sie ändern sich beide ausserdem mit dem Grade der Ermüdung. Der angestrengte Muskel verkürzt sich unter demselben Reiz und derselben Belastung weniger, in noch höherem Masse vermindert sich seine Kraft, grössere Lasten zu heben. Sehr ermüdete Muskeln, die sich bei geringer Belastung noch beträchtlich verkürzen, können bei grösserer sich sogar im Momente der Reizung verlängern, und bei dem Aufhören derselben wieder zusammenziehen. Hieraus würde zu schliessen sein, dass die Thätigkeit des Muskels nicht nur in einer Aenderung seiner Form besteht, die sich verkürzt, sondern auch in einer Aenderung seiner physischen Elasticität, die sich während seiner lebendigen Function vermindert; die Kraft, die der Muskel durch seine Verkürzung ausübt,

ist deshalb geringer, als sie sein würde, wenn seine Elasticität sich während der Function ungeschmälert erhielte. Im Allgemeinen ist nun die höchste Höhe, zu welcher der thätige Muskel schwerere Lasten hebt, natürlich geringer als die höchste Hubhöhe, durch welche derselbe Muskel kleinere Gewichte zu bewegen vermag; der grösste Nutzeffect eines Muskels ergibt sich daher für mittlere Belastungen, deren Product in die bei ihnen noch mögliche mässige Verkürzungsweite stets grösser sein muss, als die Producte grösster oder kleinster Lasten in die kleinsten oder grössten Verkürzungen. Für verschiedene Muskeln jedoch steht die Kraft, mit der sie sich zu verkürzen streben, mit der Länge, um die sie sich zusammenziehen, nicht in gleichem Verhältnisse. Wenn zwei Muskeln sich bei gleicher geringer Belastung zuerst um gleiche Procente ihrer Länge verkürzten, so kann vielmehr bei gleichem Zuwachs der Gewichte die Abnahme der Verkürzung in dem einen in grösserem Masse wachsen, als in dem andern; oder es kann selbst der eine Muskel bei geringer Belastung sich verhältnissmässig mehr, bei grösserer dagegen weniger, als der andere verkürzen.

332. Diese Ergebnisse der Untersuchungen Ed. Webers lassen nach zwei Seiten hin noch Fragen übrig, denen eine ebenso genaue und geistvolle Erledigung zu wünschen, obgleich kaum zu hoffen ist. Sie führen uns zunächst zu nothwendigen Annahmen über die molecularen Gegenwirkungen der Muskelelemente, die sich bis jetzt, bei den grossen Lücken unserer Kenntnisse über alle in dieses Bereich gehörenden Erscheinungen, schwer zu einer umfassenden und deutlichen Anschauung vereinigen, noch weniger bereits zu einer dynamischen Theorie der Muskelbewegung verarbeiten lassen. Anderseits sind die Verhältnisse im wirklichen Gebrauch der Gliederbewegung mannigfaltiger, als sie das Experiment voraussetzt. Die Muskelzusammenziehung würde organisch wenig brauchbar sein, wenn sie stets jenes Maximum ihres Effectes erzeugen müsste, worauf sich die bisherigen Untersuchungen allein beziehen konnten. Durch den Einfluss des Willens angeregt, hebt der thätige Muskel nicht stets die kleinere Last höher, die grössere weniger hoch; er vermag vielmehr die kleinste Last bei kleinster Verkürzung ebensowohl zu fixiren, als bei grösserer; er kann grosse Belastungen freilich nicht mit dersel-

ben Leichtigkeit um eine bedeutendere, wie um eine weniger beträchtliche Hubhöbe bewegen, aber er vermag doch, sie willkührlich höher zu heben als die kleinere, und bei beiden Leistungen sind wir im Stande, das Contractionsbestreben des Muskels so zu reguliren, dass er sich im Gleichgewicht seiner Kräfte befindet, und bei der Hebung der kleinsten Last um kleinste Höhen keine überwiegende Tendenz zu noch weiterer Verkürzung bemerklich wird. Diese Fähigkeit, unerlässlich für jeden nützlichen Gliedergebrauch, muss von eigenthümlichen durchaus unbekannten Modificationen der Reize ausgehn, durch welche bald eine grössere, bald eine geringere Grösse wirksamer Kräfte ausgelöst wird. Wie sich dies nun auch verhalten möge, so ist doch so viel klar, dass jene Unproportionalität der Verkürzungsgrösse und der Kraft der Contraction, die Weber schon in Bezug auf verschiedene Muskeln nachwies, unter den wirklichen Verhältnissen der lebendigen Function auch für einen und denselben Muskel gelten oder vielmehr, dass eine beständige Gleichung nur zwischen den vier Elementen stattfinden wird: der eigenthümlichen Kraft jedes Muskels, seiner Verkürzungsfähigkeit, seiner Belastung und der Grösse und Qualität des Nervenreizes.

§. 29.

Mechanik der Bewegungen.

333. Die Fähigkeit der lebendigen Zusammenziehung ist nicht auf die Muskeln beschränkt, an deren ausgezeichnetem Beispiele wir sie bisher betrachtet haben; andere contractile Gewebe finden sich neben ihnen selbst in höhern, noch mehr aber in niederen Thierklassen vor. Der Körper der Infusorien, von einer durchsichtigen, weichen und homogenen Substanz ohne Andeutung von Zellen und Fasern gebildet, ist meist in seiner ganzen Masse contractil; aus der Zusammenziehung einiger, der Zusammenpressung anderer unthätiger Theile entstehen die mannigfachsten Umgestaltungen der Körperform, die, da sie den Schwerpunkt und die widerstehenden Oberflächen des Körpers ändern, zu Ortsbewegungen in einem flüssigen Mittel dienen können. Auch in den Polypen findet sich noch neben einzelnen faserförmigen Muskelorganen dies structurlose contractile Gewebe, in jungen Insectenlarven eine ähnliche, zwar in Bündel gesam-

melte, aber nicht zu Fasern organisirte Substanz. In den höheren Thieren besteht zwar das contractile Bindegewebe und das der Gefässhaut aus langausgezogenen, selten anastomosirenden und nur in der Längsrichtung verkürzbaren Fasern, aber die Durchkreuzung derselben nach verschiedenen Richtungen bringt dieselbe Form der Bewegung, wie jene structurlose Masse hervor, eine allseitige Verdichtung und Zusammendrängung des Gewebes. Weit häufiger, und zwar überall im eigentlichen Muskelgewebe, sind die einzelnen Fasern parallel zu dem Ganzen eines Muskels vereinigt, dessen Zusammenziehung die gegenseitige Annäherung der beiden beweglichen Punkte veranlasst, an welchen die Fasern endigen. Auch hier aber kommen Fälle vor, wo mehrere solche Bündel in verschiedenen Richtungen zu einem grösseren musculösen Organ vereinigt sind, wie denn zuletzt sich selbst ganze Systeme von Muskeln, die in äusserst verschiedener Weise wirksam sind, zu dem gemeinsamen Ganzen einer combinirten Bewegung zusammensetzen.

334. Die Befestigungsweise der Muskelenden ist verschieden. Wo Oeffnungen zu verschliessen oder cubische Räume zu verengern sind, ordnen sich die Fasern häufig ohne auswärtige Befestigungspunkte kreisförmig, cylindrisch oder schlauchförmig zusammen, sei es, dass jede Faser den ganzen Umfang durchmessend, geschlossen in sich zurückläuft, oder dass die einzelnen an verschiedenen Punkten desselben endigen und sich mit den benachbarten durch interstitielles Bindegewebe zu einem ganzen Ringe vervollständigen. Bei ihrer Zusammenziehung bewegen diese Muskeln entweder durch Zug eine mit ihnen zusammenhängende Gewebsmasse, wie die Kreisfasern, welche bei der Verengung der Pupille die Iris nach sich ziehen, oder sie wirken durch Druck auf eine in dem Hohlenraume befindliche Materie ein. So drückt das Herz auf die Blutsäule, die Darmmuskeln auf den Speisebrei; Blase und Uterus geben ähnliche Beispiele. Wo kein bedeutender Widerstand zu überwältigen ist, reicht eine parallele Anordnung der Fasern aus; wo ein solcher vorhanden ist, würde sie, da sie nur senkrecht gegen die Axe eines Hohlgebildes drückt, nicht gegen das seitliche Auseinanderweichen der Fasern und gegen eine die Verengung des Hohlraums zum Theil aufhebende Verlängerung desselben schützen.

Man findet deshalb in diesen Fällen Muskelschichten, die sich in verschiedener Richtung durchkreuzen; unregelmässig, spiralartig gewunden am Herzen, in eine Ringfaser- und eine Längenfaserschicht im Darmkanal und den zahlreichen Ausführungsgängen abgetheilt. Alle diese Muskeln befinden sich nicht, wie die der Gliedmassen, fortwährend in einem Zustande der Ausdehnung, die ihre natürliche Länge überstiege, wohl aber können sie zeitweis durch die Ansammlung der Contenta ihrer Höhlenräume in diesen Zustand versetzt werden. Sie wirken dann zur Beseitigung dieser Massen nicht nur mit lebendiger Contraction, sondern auch durch ihre physische Elasticität, und dieselbe ist es auch, die nach dem Aufhören der lebendigen Zusammenziehung die vorige Lage wieder herstellt. So bedarf das Herz nur zur Systole, nicht aber zur Diastole einer positiven lebendigen Kraft. Dass durch die Thätigkeit dieser hohlen musculösen Organe eine sehr bedeutende Wirkung hervorgebracht werden kann, lehrt uns die einfache Erinnerung an das, was das Herz, der Uterus, die Harnblase zur Fortbewegung von Massen leisten, anschaulicher, als die mathematischen Bestimmungen, durch die man die hierbei wirksame Kraftgrösse ohne Bürgschaft für erträgliche Genauigkeit zu messen versucht hat.

335. Einen sehr eigenthümlichen musculösen Apparat bildet bei den höheren Thieren die Zunge. Hier finden sich mehrere Muskeln nur einseitig an auswärtige Befestigungspunkte geknüpft, mit ihren andern Enden aber frei in eine Höhle sich ausdehnend, in der sie nur gegenseitig an einander einen Befestigungspunkt und für die Herstellung der verschiedenen Bewegungen einen Stützpunkt finden. Bald wird hier ein sich zusammenziehender Muskel durch die blosse Last und das Volumen eines andern unthätigen, den er ziehend bewegen muss, gehemmt, oder durch die Thätigkeit desselben in seiner Wirkung beschränkt, bald pressen thätige Muskeln die unthätige Masse anderer und zwingen sie zu Formveränderungen, so dass durch das Mittel der Verkürzung von Muskelfasern selbst bedeutende Verlängerungen des Organs im Ganzen möglich werden. Diese Formen der Bewegung, die in den höheren Thieren nur an so vereinzelten Beispielen vorkommen, sind in dem weichen und knochenlosen Körper vieler wirbellosen eine gewöhnliche Erscheinung.

Dieselbe vielseitige Beweglichkeit, die der Zunge zukommt, findet sich an den mannigfachen Fühlfäden und Fangorganen jener Thierklassen; die ganze Ortsbewegung der Würmer wird durch die abwechselnde Thätigkeit zweier Muskelschichten bedingt, deren eine den Körper ringförmig umgibt, während die andere seiner Längenrichtung folgt. Die Contraction der Ringfasern verlängert durch Pressung den nachgiebigen Körper und schiebt sein vorderes Ende vorwärts, während das hintere als Stützpunkt dient; sobald das vordere sich wieder fixirt hat, verkürzt die Contraction der Längsfasern den Körper und zieht sein hinteres Ende nach. Verschiedene Mittel, am häufigsten Saugnäpfe, flache Organe, aus denen, nachdem sie auf eine Fläche aufgesetzt sind, durch Contraction ihrer Mitte eine napfförmige luftleere Höhle gebildet wird, sind angewandt, um die Fixation des Körperendes hervorzubringen, das der Muskelwirkung zum Stützpunkt dienen soll; aber auch die blosse Reibung des dicker angeschwollenen hinteren Körpertheiles gegen den Boden reicht hin, um für die Vorschiebung des vorderen einen Stützpunkt zu bieten und umgekehrt. Aus partiellen Zusammenziehungen einzelner Theile beider Muskelschichten gehen auf das Einfachste jene formenreichen Windungen hervor, deren diese Körper fähig sind, ihre Erhebungen vom Boden, ihre seitlichen Beugungen, Ringelungen und alle jene Bewegungen, welche der ganz ähnliche Umriss des Schlangenkörpers nach wesentlich gleichen Principien, obwohl mit Hilfe eines Knochenbaues, wiederholt.

336. Die meisten Muskeln der höheren Thiere sind zwischen zwei äussere, durch andere Gewebe dargebotene Befestigungspunkte geknüpft; einige nur an verschiedene Hautstellen, die sie einander nähern, und deren Zwischenraum sie runzeln, andere einseitig an Knochen oder Knorpel, mit ihrem anderen Ende an Sehnen oder ausgedehntere Sehnenhäute, die meisten endlich haften mit beiden Enden an Knochen oder Knorpeln, zwischen denen sich wenigstens ein Gelenk befindet. In dieser Anordnung tritt es am deutlichsten hervor, wie die Bewegungen an die Gesetze des Hebels geknüpft sind. Auch die Bewegungen der wirbellosen Thiere würden grossen Theils zwanglos sich auf dieses mechanische Princip zurückführen lassen, aber nur in den Wirbelthieren, und bei denjenigen wirbellosen, in denen ein äusse-

rer starrer Hautpanzer Gelegenheit zu fester Anknüpfung der Muskeln an Theile gibt, die durch Gelenke verbunden sind, tritt die Herrschaft der Hebelgesetze sogleich anschaulich hervor. Die Mechanik der Muskelbewegungen würde nun, so weit es uns hier möglich ist, den unendlichen Reichthum merkwürdiger Verhältnisse zu überblicken, der sich bei ihnen darbietet, nachzuweisen haben, wie die Form und die Grösse der Bewegung, die durch die dynamische Thätigkeit der Muskeln, ihre Zusammenziehung, erzeugt wird, von der Lage und Beweglichkeit der Befestigungspunkte und der Art abhängen, in der die Muskeln sie anzugreifen vermögen.

337. Das Zungenbein ist der einzige Knochen, der mit dem übrigen Knochensystem in keiner nähern Verbindung steht, und daher durch Muskelwirkung völlig aus seiner Lage gebracht werden kann; alle anderen Knochen, die Kniescheibe und ähnliche nicht constant vorkommende Zwischenknochen ausgenommen, gestatten nur Drehbewegungen, bei denen ihr einer Endpunkt, oder ein Punkt ihrer Mitte an seinem Orte bleibt. Die Structur der Verbindungen der einzelnen Knochen untereinander macht Bewegungen von sehr verschiedener Form und Grösse möglich. Verbindung durch Einkeilung oder Naht hebt die Beweglichkeit ganz auf, oder lässt nur eine Verschiebbarkeit übrig, hinreichend, um in etwas die schädliche Weiterverbreitung von Erschütterungen zu mildern. Die einfachste bewegliche Verbindung ist die zwischen den Wirbelkörpern. Die Knorpelscheiben, welche ihre einander zugewendeten Flächen überziehen, können als biegsame Stellen der Knochensäule angesehen werden. Sie gestatten eine ganz allseitige, aber sehr beschränkte und bei der nicht kreisrunden Form der Wirbelflächen nicht überall gleich grosse Bewegung um jede in der Berührungsebene liegende Gerade; die eine Hälfte der Wirbelfläche neigt sich in der Richtung des Zuges der entsprechenden des andern Wirbels zu, die andere Hälfte entfernt sich in entgegengesetzter Richtung, die Mittellinie der Fläche, die senkrecht auf der Richtung des jedesmaligen Zuges steht, bleibt unbewegt. Diese Gelenkverbindung hat den Vortheil ausgezeichneter Festigkeit, und ist deshalb für den Bau des Rückgrats vorzüglich passend; ökonomisch ist sie nicht, denn die Elasticität der Knorpel ist ein Widerstand für die bewegende Kraft;

ihre eine Hälfte muss zusammengepresst, ihre andere ausgedehnt werden, und doch ist die Weite der dadurch erzeugten Bewegung gering. Dieser Widerstand fällt weg bei der Verbindung des Oberschenkels mit dem Becken. Dieses Gelenk gestattet wirklich allseitige Bewegung; zur Sicherung der Knochenverbindung vereinigt sich seine eigenthümliche Höhlung, in welcher der runde Gelenkkopf tief eingebettet liegt, und der atmosphärische Luftdruck, der bei unverletzter Gelenkkapsel allein hinreicht, den Gelenkkopf in der Pfanne zu erhalten. Die Form des Oberschenkels und der Beckenknochen erlaubt übrigens nicht alle die Bewegungen, welche die Gelenkverbindung an sich möglich lässt, sondern nur die beschränktere Beweglichkeit, die für die Zwecke des Lebens hinreicht. Eine noch freiere Verbindung findet zwischen Oberarm und Schulterknochen statt. Nur durch ein nachgiebiges Kapselband und die Sehnen der Muskeln, die sich an ihn ansetzen, an der kleinen und flachen Gelenkgrube des Schulterknochens festgehalten, besitzt der Oberarm die unbeschränkteste Beweglichkeit nach allen Richtungen; aber dieses freieste Gelenk ist zugleich den Verrenkungen am leichtesten unter allen unterworfen.

338. Alle bisher erwähnten Verbindungsweisen der Knochen gestatteten, obgleich in verschiedenen Graden, Drehung nach allen Seiten, wenn auch der Anstoss, den die Bewegung an den benachbarten Theilen häufig findet, sie nach einzelnen Richtungen nur sehr unbeträchtlich geschehen lässt. Es gibt aber ferner Verbindungsweisen, die schon durch die Form des Gelenks Drehungen nur auf vorgeschriebenen Wegen und in bestimmter Grösse gestatten. Das Ellenbogen- und das Kniegelenk können als Beispiele gelten. Die sattelförmige Berührungsfläche des Gelenks zwischen Oberarm und Ulna gestattet keine Drehung der letztern um ihre Längenaxe, die allein mögliche Drehung um die eine der auf ihr senkrechten Linien wird in der Beugung durch den Kronfortsatz und die Weichtheile, in der Streckung durch das Olecranon gehemmt. Nicht überall organisirt die Natur diesen Widerstand durch so in die Augen fallende Mittel, wie hier durch das Olecranon, im Knie durch die Kniescheibe; wo feineren Kräften zu begegnen ist, kann sie die Stabilität der Gelenkverbindung nach jeder bedrohten Seite hin oft durch feinere

Abweichungen von einfachen geometrischen Curven sichern. Die Leistungen, welche analoge Theile des Knochengerüstes bei verschiedenen Thieren zu vollziehen haben, sind so verschieden, dass dieselben Extremitätenknochen, die hier einen lang ausgestreckten dünnen Cylinder bilden, dort sich in eine stämmigere Säule, anderswo in ein breites schaufelartiges Organ, bei noch andern Thieren in noch unförmlichere unregelmässige Massen verwandeln, je nachdem ihre hauptsächliche Bestimmung die zu weiten und umfänglichen Bewegungen, oder die zur Ueberwältigung von Lasten ist. Und je nachdem ferner die Last durch Zug, durch Druck oder Stoss, durch Beugung oder Streckung zu bewegen in der Natur eines Thieres liegt, werden die Gefahren, die der Stabilität der Knochen selbst, noch mehr aber ihrer Gelenkverbindung drohen, äusserst verschieden sein und in verschiedener Richtung einwirken. Die wahre Bedeutung der mannigfaltigen Gelenkformen lässt sich deshalb ohne beständige Rücksicht auf die ganze Lebensweise eines jeden einzelnen Thieres nicht feststellen, eine Aufgabe, welche die Grenzen der allgemeinen Physiologie überschreitet. Als ein Beispiel, wie bei gleichem allgemeinen Typus doch in dem Baue mehrerer Knochen die Verschiedenheit dieser drohenden Gefahren berücksichtigt ist, kann die Wirbelsäule dienen, deren einzelne Abtheilungen sehr verschiedenartigen Drucken durch das Gewicht und die Bewegungen des Körpers ausgesetzt sind, und demgemäss entsprechende Abweichungen in der Grösse und der Beweglichkeit der Wirbel, in der Gestalt und Lage ihrer Gelenkflächen besitzen. Dass ferner, um die Sicherheit der Gelenke sowohl als in gewisser Ausdehnung die Richtung der beabsichtigten Drehungen zu bewahren, die in mannigfaltiger Weise benutzten Ligamente angewandt sind, brauchen wir hier, um das Bild des passiven Bewegungsapparates zu vervollständigen, nur zu erwähnen. Da endlich viele Knochen sich um verschiedene Axen drehen, so müssen sie in mehr als einer Richtung als Hebel gelten können; deshalb besitzen wenige Knochen in ihren Umrissen die lineare Gestalt eines einfachen Hebels; am nächsten stehen ihr die einarmigen Hebel der cylindrischen Knochen der Extremitäten; am meisten entfernen sich von ihr der Kopf, auf den Halswirbeln ruhend, der Fuss in seiner Verbindung mit dem Knöchelgelenk, das Becken,

das bei fixirtem Oberschenkel und von dessen Muskeln bewegt, wie die beiden vorigen, ein Beispiel eines zweiarmigen Hebels bietet.

339. Gehen wir von dem passiven Bewegungsapparat zu dem activen, zu den Muskeln und ihrer Verbindungsweise mit den Knochen über, so müssen wir zuerst daran erinnern, dass die Weite der Bewegungen, so weit sie von der Thätigkeit der Muskeln allein abhängt, auf der Grösse der Verkürzung jeder Muskelfaser, also auf der Länge der wirksamen Faser beruht, die Kraft dagegen, mit welcher die Bewegung ausgeführt wird, auf der Anzahl der Fasern. Die eine wie die andere kann eine gleich wichtige Absicht der Organisation sein. Aber die Weite der Bewegung hängt viel wesentlicher von dem Bogen ab, den ein Hebelende durch irgend eine Kraft zu beschreiben genöthigt ist, und da der Knochen unbiegsam ist, so wird dazu jede Kraft verwandt werden können, welche den Winkel zweier Knochen an ihrem gemeinsamen Drehpunkte um gleichviel zu verkleinern vermag. Kürzere, aber zahlreichere Fasern zwischen den diesem Drehpunkt zunächst liegenden Theilen nöthigen den Hebel zu gleicher Bogenbewegung, als längere zwischen Punkten, die von jenem entfernter sind. Die Weite der Bewegungen ist daher durch Vermehrung der Fasern, aber auch die Kraft in gewisser Hinsicht durch Verlängerung derselben realisirbar. Es sei nämlich ein Muskel so lang, dass er die grösste Drehung, welche die von ihm bewegten Knochen um ihrer Gelenkverbindung willen erreichen können, schon hervorbringt, noch ehe er auf das Maximum seiner Verkürzung gelangt ist, so bleibt ihm nun noch eine Fähigkeit zu weiterer Contraction übrig. Diese macht sich freilich nicht mehr als Verkürzung und Bewegung, wohl aber als eine grössere gegen die Wiederausdehnung durch eine Last gerichtete Widerstandskraft geltend, als wenn das Maximum der Drehung erst durch das Maximum seiner Verkürzung erreicht würde, bei welchem seine Wiederausdehnbarkeit am grössten ist. Auf dieser Möglichkeit, Weite der Bewegung durch grössere Kraft, die Kraft durch grössere Länge der contractilen Faser zu ersetzen, beruhen viele Vortheile für die Anordnung des Muskelsystems.

340. Die günstigsten Umstände, unter denen die Kraft eines Muskels einen Knochen bewegen würde, beständen darin,

dass die Richtung, in welcher er zieht, senkrecht auf die Hebellinie trifft, und dass der Muskel den Hebel so weit als möglich von seinem Drehpunkt entfernt, also unmittelbar an seinem beweglichsten Ende erfasste. Es ist bekannt, dass im lebendigen Körper diese Anordnungsweise der wirkenden Kraft nicht allgemein, ja in den allermeisten Fällen so unvollkommen befolgt ist, dass ein grosser Theil der wirksamen Muskelkraft zur Ueberwindung ungünstiger Befestigungsverhältnisse aufgebraucht werden muss. Man hat diese anscheinende Unzweckmässigkeit hauptsächlich durch die Nachtheile für den ästhetischen Anblick der Gestalt und andere Unbequemlichkeiten des Gliedergebrauchs entschuldigt, die von der Anwendung besserer Angriffspunkte und Richtungen der Muskeln unabtrennbar erschienen. In der That würde eine ausgespannte Fledermaus ungefähr der Durchschnitt eines solchen idealen Körpers sein, in welchem alle Muskeln die Extremitäten unter möglichst rechten Winkeln und zunächst ihrem beweglichen Ende angriffen. Nicht nur ferner die Anmuth, sondern auch ein guter Theil des Nutzens der Glieder würde durch eine solche Einrichtung verloren gehen. Die Bestimmung der Extremitäten, um die es sich hier vorzüglich handelt, verlangt vor allem die Möglichkeit einer grossen Bewegungsweite ausserhalb der Umrisse des Körperstammes; Arme und Beine, nur mit kurzen Hebeln aus dem Rumpfe hervorragend, würden zwar durch die Muskeln mit viel grösserer Kraft, aber in einem so kleinen Spielraum bewegt werden, dass ihre Leistung im Ganzen doch nicht hinlänglich wäre: nur die besondere Lebensweise einzelner Thiere kann die Nothwendigkeit und Zulässigkeit so kurzer Extremitäten begründen. Sollten sie aber lang sein, sich vom Körper entschiedener ablösen, und dennoch an ihren Endpunkten von rechtwinklig angreifenden Muskeln bewegt werden, so müsste der andere Befestigungspunkt dieser so am Rumpfe liegen, dass während der Bewegung die contrahirten Muskeln den Winkel des Gelenkes als dicke Masse ausfüllten und so die Vortheile jener Länge grossentheils aufhöben: die Geschicklichkeit des Armes wenigstens, Gegenstände zu umfassen, würde diese Anordnung aufheben. Sobald daher diese Weite der Bewegung ein Zweck der Natur ist, konnten jene günstigen Bedingungen der Hebelwirkungen nicht angewandt werden, denn keine an-

dere Anordnung, als die wirkliche, kann diese Weite hervorbringen; die Kraft dagegen so zu erhöhen, dass sie unter so ungünstigen Bedingungen dennoch für die Lebenszwecke des Thieres hinreichendes leistet, dazu lag in der Vermehrung der Muskelfasern, in der Erhöhung ihrer intensiven Kraft, in der Verbindung mehrerer Bewegungen zu einem gemeinsamen Resultate eine Mehrheit von Mitteln.

341. Ein anderer Punkt kommt noch in Betracht. Der rechtwinklige Angriff eines Hebels würde nur dann in aller Weise das mechanisch Vortheilhafteste sein, wenn die Kraft im Verlaufe der Bewegung entweder stets rechtwinklig zum Hebel, oder doch mindestens parallel ihrer früheren Richtung bliebe. Dies kann bei dem Muskel nicht der Fall sein, da sein eines Ende an irgend einem Punkte befestigt ist, das andere aber mit dem Ende des Hebels, den er dreht, stets in Berührung bleiben muss. Griff daher der Muskel im Anfang seiner Thätigkeit das Hebelende eines Knochens rechtwinklig an, so ändert sich im Verlaufe der Bewegung diese Richtung in eine immer ungünstigere um, der Winkel zwischen beiden wird stets stumpfer, und zuletzt würden Muskel und Knochenhebel sich in eine gerade Linie anordnen. Was daraus folgen würde, ist leicht zu übersehen. Es sei a b ein knöcherner Hebel von der Länge 3, beweglich um den Punkt b, der Muskel c a greife rechtwinklig in a an und seine Länge sei 4; indem durch die Bewegung der Winkel c a b stumpfer wird, nähern sich Muskel und Knochen der Lage c b, in der sie zur Ruhe kommen müssen. Die Linie c b als Hypotenuse des Dreiecks a c b hat die Länge 5; der unveränderliche Knochen nimmt hiervon 3 Theile ein, dem Muskel bleiben 2 übrig; die Wirkung hört daher hier auf, sobald der Muskel sich auf die Hälfte seiner unthätigen Länge verkürzt hat. Aber die Verkürzungsfähigkeit der Muskeln ist viel grösser; ein bedeutender Theil derselben würde bei einer solchen Anordnung unbenutzt bleiben. Auch mechanisch ist deshalb unter den Verhältnissen, die im Muskelsystem vorkommen, der rechtwinklige Angriff nicht der günstigste für die Entfaltung aller möglichen Wirkungen. Nicht für die Weite der Bewegungen, aber auch nicht in jedem Sinne für die Kraft, die sie nach aussen ausüben. Der Muskel besitzt seine grösste Contractilität am Anfange der Con-

traction, sie nimmt ab mit der wachsenden Verkürzung; den Muskel daher am Anfang seiner Thätigkeit in die günstigsten Bedingungen des Angriffs zu stellen, und ihn nachher in immer unvortheilhaftere gerathen zu lassen, ist gerade das Gegentheil des Zweckmässigen. Er wird zwar wohl seine Bewegung auch so bis zu Ende führen können, da das Gewicht der zu bewegenden Glieder allein für den gesunden Muskel nie zu gross ist, allein er würde eine sehr geringe Fähigkeit besitzen, gerade in seinem contrahirten Zustande noch eine weitere Last zu bewegen; er würde dagegen um so mehr leisten, je mehr er sich der Lage seines unthätigen Zustandes nähert, wo es freilich nutzlos sein würde. Als der Muskel c a noch rechtwinklig zu a b war, konnte er einer Kraft, die den Knochen in der Richtung von c über a hinaus treiben wollte, den kräftigsten Widerstand leisten; in seiner grössten Verkürzung dagegen stände er in seitlicher Richtung auf der Richtung dieser Kraft, und leistete ihr fast keinen Widerstand: nur indem er sich von ihr nach der Lage seines unthätigen Zustandes zurückziehen liesse, gewönne er allmählich wieder einige Fähigkeit, ihr das Gleichgewicht zu halten.

342. Die ausserordentliche Mannigfaltigkeit der Bewegungen, deren der thierische Körper fähig ist, und die ihm gestattet, aus jeder Lage in jede andere nicht nur allmählich überzugehen, sondern auch in jeder mittleren Lage, wo nicht die Wirkung der Schwere es verhindert, sich zu erhalten, hängt nicht allein von den verschiedenen Graden der Muskelthätigkeit, sondern zugleich von dem Zusammenwirken verschiedener Muskeln ab. Ebenso wie in dem unorganischen Geschehen mehrere Bewegungskräfte, die auf denselben Punkt wirken, ihm eine mittlere Richtung und Geschwindigkeit mittheilen, werden eine grosse Anzahl thierischer Bewegungen nicht durch die Wirksamkeit eines Muskels allein, sondern als Resultanten der Verbindung mehrerer erzeugt, die bald als directe Antagonisten den beweglichen Punkt bei gleicher Grösse ihrer Anstrengung zur Ruhe bringen, bald bei verschiedenen Werthen ihrer Thätigkeit ihm eine gemässigte Bewegung nach einer Richtung hin ertheilen. Andere Muskeln, nicht direct entgegengesetzt in der Richtung ihrer Verkürzung, bringen zusammenwirkend stets eine Bewegung hervor; aber auch diese ist

nicht immer eine gleichförmige, selbst bei gleicher Anstrengung beider Muskeln. Häufig verändert die Wirksamkeit des einen die Stellung des beweglichen Punktes dergestalt, dass die Verkürzung des andern ihm jetzt eine Bewegung mittheilt, welche von der Richtung sehr abweicht, welche sie ihm ohne Mitwirkung jenes ersten Muskels gegeben haben würde. Es gibt daher einerseits zwar Muskeln, die unter allen Umständen, wegen der Anordnung der beweglichen Punkte, denselben Effect hervorbringen oder hervorzubringen streben, wie soleus, gastrocnemius, anderseits dagegen auch solche, deren Wirkung nicht nur aufgehoben, sondern in ihrer Tendenz ganz verändert werden kann, wenn gleichzeitig andere Muskeln dem beweglichen Punkt ihres Angriffs ungewöhnliche Stellungen gegeben haben. Mehrfach kommt z. B. dieser letzte Fall bei dem Zusammenwirken der verschiedenen Muskeln des Augapfels vor (Rüte, das Ophthalmotrop. 1845.).

§. 30.

Die Leistungen der Nerven im Allgemeinen.

343. Räumlicher Zusammenhang von Theilen durch Kräfte der Cohäsion reicht hin, um viele Reize von örtlicher Einwirkung auf das Ganze eines zusammengeordneten Systems zu verbreiten. Gegenüber mechanischen Bewegungseinflüssen des Druckes und Stosses verhalten sich alle organischen Körper auf diese Weise, und jeder ihrer Theile überträgt die empfangenen Anregungen, nach Massgabe der Engigkeit seines Zusammenhangs mit andern, und der verschiedenen Widerstände, die der Fortleitung der Erschütterung entgegenstehn, in mannigfaltigen Abstufungen auf die Gesammtheit der übrigen. Aber dieser cohäsive Zusammenhang ist nicht hinreichend, die den Lebenszwecken entsprechende Verbreitung der Reize zu bewirken. Jene mechanischen Einflüsse gehören nicht zu denen, auf welche das Leben rechnet; sie sind fast durchaus Schädlichkeiten, denen das organische Gewebe theils durch die Steifigkeit seiner massenhafteren, theils durch die vielseitige Beweglichkeit der zarteren Theile doch nur unvollkommen ausweicht. Die feineren Anregungen, die der Organismus theils als Lebensreize erwartet, wie die Wärme, theils als Gegenstand der Bearbeitung für seine Thätigkeiten, wie die mannigfachen Anregungen der Sinnesorgane, würden durch die stetige Masse des

Gewebes wegen gehäufter innerer Widerstände sich langsam und unvollkommen verbreiten, und, gleichseitig auf alle Theile ausstrahlend, jedem nur eine sehr unbeträchtliche Grösse der Erregung zubringen. Ist es ferner in dem Lebensplane eines Geschöpfes eine nothwendige Forderung, dass ein einzelner Reiz seine Rückwirkungen auf einzelne, von dem Orte seines Eingriffs entfernte Gegenden übertrage, so wächst dadurch die Unerlässlichkeit bestimmter Bahnen, in welchen ihm minder widerstehende, leichter afficirbare Massen entgegentreten, und durch welche seine ungeeignete Verbreitung auf andere Theile durch eine passende Isolirung seines Fortschritts abgehalten wird. Die Nerven des Thierkörpers erscheinen uns nach dieser Voraussetzung unter einem sehr einfachen Gesichtspunkte. Ein Krystall besitzt Spaltungsebenen, nach welchen seine Theile durch mechanische Gewalt sich leichter trennen; viele feste Körper werden von Adern durchzogen, in denen ihre Theile weniger dicht sind und umspülende Flüssigkeit leichter einsaugen; so sind auch die Nerven zunächst nur als Stellen der Gewebe zu betrachten, welche die Wirkung des eintretenden Reizes leichter durchläuft, ohne dass wir in ihnen von Anfang an geheimnissvollere Kräfte, als in andern Theilen, zu suchen hätten. Die Mittel, durch die sie diese grossere Leichtigkeit der Fortpflanzung gewähren, sind andere freilich, als in jenen Beispielen; grössere Dichtigkeit eines ununterbrochenen soliden Fadens kann für viele Reize diesen Vortheil leichter bedingen, während eine geringere Grösse der Cohäsion namentlich bei öfterer Unterbrechung der Bahn durch Zwischenwände von verschiedener Dichtigkeit die Leitung kleiner Erschütterungen erschweren muss. Sehen wir ab von allen Diensten, welche die Nerven dem Seelenleben leisten und deren Betrachtung wir in grösserer Ausführlichkeit dem zweiten Theile dieses Werkes vorbehalten, so würde für jede zwei Körperstellen, deren eine ihre Reize auf die zweite übertragen soll, eine solche einfache Verbindung durch eine Bahn geringeren Widerstandes hinreichen; für eine grössere Mannigfaltigkeit zusammengeordneter Verrichtungen wächst dagegen die Nothwendigkeit gegenseitiger Einwirkung dieser Bahnen aufeinander, und demgemäss finden wir allmählich in der aufsteigenden Thierreihe Centralorgane

verschiedener Art ausgebildet, in denen diese einzelnen Verbindungen zu gemeinsamer Wirkung sich vereinigen.

344. Den Pflanzen fehlen nach allen bisherigen Beobachtungen die Nerven gänzlich und es ist leicht zu sehen, dass sie ihrer in dem Sinne in der That nicht bedürfen, in dem sie den Thieren unentbehrlich sind. Weder Empfindungen, die dem Ganzen der Pflanze zukämen, noch auch mannigfaltige willkührliche Bewegungen der Theile erfordern hier ihre Mitwirkung, aber auch die Vegetation verlangt ihren Einfluss nicht, wie bei den Thieren. Die Herstellung einer Gestalt in ihrer typischen Begrenzung ist an sich selbst keine Aufgabe, die nicht vollkommen durch die erste Anordnung der Massen im Keime erfüllt werden könnte, sobald sich voraussetzen lässt, dass die zur Erregung ihrer Entwicklung nöthigen äussern Reize mit hinlänglicher Regelmässigkeit auf sie einwirken werden. Theils nun ist dies für die Pflanzen der Fall; theils soweit es nicht der Fall ist, sehen wir sie dem Mangel ihrer Lebensreize bald allgemein, bald in einzelnen Theilen unterliegen; die Vegetation stockt im Winter, sie stirbt ab in grosser Trockenheit; einzelne Zweige der Pflanzen gehen zu Grunde, wie sie von schädlichen Einflüssen getroffen werden, und es liegt nicht im Gange des vegetabilischen Lebens, sie durch Rückwirkungen zu retten. Die Pflanze hat die Aufgabe nicht, simultan in jedem Augenblicke ihres Lebens einen gewissen Bestand von Organen vollzählig und in genau bestimmten Verhältnissen zu erhalten, wie das Thier; durch Zufall ihrer ausgebildetsten Theile beraubt, breitet sie sich durch Knospen anderer Theile wieder aus. Dieser Lebenslauf setzt daher nur eine beständige Saftmischnng und einen kleinen Stamm noch lebensfähiger Zellen voraus, in denen Motive für gleichmässige Wiedererzeugung der allgemeinen Gestaltverhältnisse liegen. Wie anders die Aufgabe des Thierlebens gestellt ist, leuchtet ein. Unter viel grössern Schwankungen der atmosphärischen Einflüsse, der Aufnahme der Nahrung, die das Thier nicht mehr als flüssiges Element umgibt, sondern gesucht sein will, unter den beständigen ungleichförmigen Störungen, denen das Körpergebäude durch den Einfluss der Seele unterliegt, soll sein Bestand und der Verlau. der Functionen doch möglichst gleichförmig unterhalten werden? Diese Forderung erheischt die Gegenwart eines regulirenden Sy-

stems, welches die Eindrücke der Reize mit angemessenen Gegenwirkungen verbindet.

345. Die früher geschilderte Verschiedenheit in dem Mechanismus der Vegetation zwischen Thieren und Pflanzen tritt als weitere Bedingung hinzu. In den letzten fehlten eigenthümliche mechanische Apparate, die Molecularwirkungen der Theile bestritten unmittelbar die nöthigen Dienste; in den Thieren war die Arbeit vertheilt an verschiedene Organe, deren jedes mit einem hohen Grade von Unabhängigkeit in sich abgeschlossen wirkte. Während daher dort jede nöthige Leistung grade so gross ausfiel, als sie sein musste, weil jeder bedürftige Theil selbst durch seine unmittelbaren Molecularkräfte sein Bedürfniss deckte, so ist hier, wo jedes System für die Bedürfnisse des andern arbeitet, ein vermittelndes Organ nöthig, um Angebot und Nachfrage stets im Gleichgewicht zu erhalten. So wie nun alle diese Verhältnisse bald mehr, bald weniger ausgebildet vorkommen, so ist auch die Nothwendigkeit eines Nervensystems in den einzelnen Thierklassen grösser oder kleiner, und es hat nichts Befremdliches, dass wir in den einfachsten Organisationen, deren Theile fast durchgängig noch homogen sind, auch von Nerven noch keine Spur entdecken. Ebenso aber muss es noch immer fraglich bleiben, ob allen Pflanzen jede Analogie eines solchen Systems abgeht; möglich ist es immer, dass einzelne Aufgaben im Pflanzenleben vorkommen, die einen engeren Consensus zwischen entlegenen Theilen nöthig machen, dessen organische Substrate freilich, da ihre Wirkung nicht in sichtbaren Bewegungen bestehen kann, schwer auf eine zuverlässige Weise sich würden erkennen lassen.

346. Was wir früher in Bezug auf das Verhältniss der Nervenwirkung zu der Thätigkeit der Muskeln äusserten, müssen wir allgemeiner hier wiederholen. Von Reizen der Nerven geht der grösste Theil der Lebensverrichtungen aller Organe aus; aber eine völlig widersinnige Annahme ist es, diese Organe selbst als passive, träge Massen anzusehen, die sowohl die executive Kraft zu ihren Verrichtungen als die specifische Form derselben von einer Belehnung durch das Nervensystem erwarteten. Auf eine höchst ungereimte Weise vernachlässigt eine solche Ansicht die grossen und zahlreichen Verschiedenheiten, die in der chemischen Mischung, dem Baue der feinsten Elemente und der gröberen mecha-

nischen Anordnung der verschiedenen Organe so augenfällig sind, und sucht den Grund für die höchst abweichenden Functionen in verschiedenen Energien der Nerven, deren Mischung, Bau und äussere Form durch ihre grosse Gleichförmigkeit einer solchen Vermuthung entschieden widersteht. Wir werden in dem Nervensystem nur eine Verflechtung von Fäden sehen können, durch welche wesentlich gleiche und identische Reize, nur nach mathematischen Formen verschieden, mannigfaltigen Organen zugeführt werden, um in jedem derselben einen andern eigenthümlichen aber noch unvollständigen Kreis von Bedingungen hier dieses, dort jenes Ereignisses zu vervollständigen.

347. Setzen wir nun innerhalb des ganzen Nervensystems eine überall identische Thätigkeit voraus, so ist die nächste vielfach überlegte Frage der Physiologie die nach der Art des Processes, in welchem sie besteht. Die ausserordentlich schnelle Fortleitung der Eindrücke, für die ein Mass zu finden noch immer nicht sicher möglich scheint, hat früh an die Mitwirkung imponderabler Stoffe denken lassen, da die Spannung, in der sich die halbflüssigen Elemente der Nerven befinden, nicht gross genug erschien, um eine Fortpflanzung von Erschütterungen ponderabler Elemente mit gleicher Geschwindigkeit zu gestatten. Die alte Annahme, dass das Nervenprincip identisch mit Electricität sei und sich in dem von einer festen Scheide umschlossenen Nervenmark wie in einem isolirten Leitungsfaden bewege, hat in neuester Zeit durch die scharfsinnigen Untersuchungen von Dubois-Reymond von neuem die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Aber so viele merkwürdige Thatsachen diese bewundernswürdigen Versuche kennen lehren, so scheinen sie doch nicht hinreichend, die Zweifel gegen die Richtigkeit jener Ansicht zu zerstreuen. Noch immer bildet es einen Einwand, dass der durchschnittene Nerv zwar bei Berührung seiner Schnittflächen noch für die künstlich zugeführte Electricität, nicht aber für das Nervenprincip leitend bleibt, und dass er für jene weder ein besserer Leiter als die übrigen feuchten Gewebe, noch seine Hülle für sie ein Isolator ist. Immer noch ist es ferner zweifelhaft, ob nicht die Vorrichtungen, die jene Versuche zur Messung elektrischer Nervenströme anbringen, im Stande sind, sonst nicht entstehende zu erzeugen, und selbst zugegeben, dass jede Ner-

venthätigkeit elektrische Ströme mit sich führe, bleibt ihr physiologischer Werth gänzlich unbekannt. Wir würden nach den vorliegenden Thatsachen nicht entscheiden können, ob sie die Mittel sind, durch welche das Nervenprincip wirkt, oder ob sie während seiner Wirkung als unvermeidliche aber physiologisch bedeutungslose Nebeneffecte ebenso entstehen, wie sie ja fast alle bekannten Veränderungen der chemischen und molecularen Zustände der Stoffe begleiten. Selbst in den elektrischen Fischen, in denen starke Electricität unzweifelhaft aus organischen Processen entwickelt wird, kann sie doch nur für ein Secretionsproduct gelten, das durch den Einfluss der Nerven in einem besonders gebauten Organ hier ebenso entbunden wird, wie in andern Organen ponderable Abscheidungen, und Nichts berechtigt, aus diesen sporadisch vorkommenden Einrichtungen einen Schluss auf die Nervenkraft selbst zu ziehen.

348. Folgen wir einer allgemeinen Ueberlegung, so ist uns dies wenigstens ganz unwahrscheinlich, dass die Electricität in Gestalt eines Stromes, für welchen die Nervenmassen nur Leiter oder Substrate wären, das wirkende Princip darstellen sollte. Unter einer solchen Voraussetzung erscheint uns der Bau der Nerven, die Abhängigkeit ihrer Function von der fortwährenden Erneuerung arteriellen Blutzustroms, überhaupt die Nothwendigkeit ihres beständigen Stoffwechsels nicht hinlänglich erklärt. Wir müssen annehmen, dass alle von der Natur aufgebotenen Mittel auch stets zu dem Erfolge unerlässlich sind, zu dem sie verwendet werden. Sollte daher Electricität das wirksame Mittel der Nerven sein, so würden wir wenigstens vermuthen müssen, dass sie nur in der Form taugen werde, in welcher sie aus beständigen chemischen Umwandlungen der wirkenden Masse erzeugt wird, und wir würden glauben, dass gerade hierin eine wahrhaft positiv belebende Einwirkung des Sauerstoffs bestehe, durch seinen Einfluss auf die chemischen Zustände des Nervenmarks die Umwandlung hervorzubringen, während welcher sich jene Form elektrischer Bewegung entwickelt. Es scheint jedoch im Ganzen gerathener, diese Frage der Zukunft offen zu halten. Die Theorie der Imponderabilien wird ohne Zweifel später eine ebensowohl erweiterte als vereinfachte Gestalt annehmen müssen; viele Unterschiede zwischen einzelnen Processen, die man noch vor we-

nigen Jahrzehnden für qualitativ unvergleichbar ansah, sind bereits verschwunden oder haben sich in formelle Verschiedenheiten einer im wesentlichen identischen Wirkungsweise verwandelt. Eine fortschreitende Erkenntniss wird vielleicht einen freieren Standpunkt gewinnen, auf welchem sich auch die Nerventhätigkeit als eine Form dieser Wirkungen, die wir den Imponderabilien zuschreiben, neben andern Formen darstellt, ihre Zurückführung dagegen auf eine einzelne der jetzt bereits in der unorganischen Natur bekannten Formen als eine willkührliche und erzwungene ausweist.

349. Folgen wir nun, Bau- und Leitungsverhältnisse der Nerven überblickend, dem Gange, welchen die äusseren Reize nehmen müssen. Mechanische Berührungen jeder einzelnen Stelle der Körperoberfläche werden empfunden, aber nicht an jeder Stelle kann ein Nervenanfang sich befinden, der den Eindruck unmittelbar aufnähme. Es muss daher zuerst eine Leitung des Eindrucks bis zu dem Nerven selbst stattfinden. Sie wird vermittelt durch die Cohäsion der Theile und den Grad ihrer gegenseitigen Spannung, der immer gross genug ist, um jede Veränderung des einen Elements in Gestalt von Druck, Erschütterung, Dehnung oder Zusammenpressung auf die Umgebung zu verbreiten. So reicht eine leise Berührung der Nagelfläche oder des Zahnschmelzes hin, um durch die fortgeleitete kleine Erschütterung der Molecule die Nerven in der matrix des Nagels oder in dem Zahnsäckchen zu reizen; so vermögen die Schallschwingungen durch die Kopfknochen geleitet, den Gehörnerv noch anzuregen, und die Elasticität, welche selbst schlaff erscheinende Hautgebilde bei ihrer Durchschneidung durch Zurückziehung der Wundränder zeigen, genügt, um die Veränderung einer Hautstelle so weit zu leiten, bis sie ein Nervenende antrifft. Unnöthig ist es deshalb, einen besonderen Wirkungskreis des Nervenendes anzunehmen, den es durch eine eigenthümliche ausstrahlende Atmosphäre von Thätigkeit beherrschte.

350. In den empfindlichen Papillen, welche dichtgedrängt als kleine ein- oder mehrgipfelige Warzen sich auf der Oberfläche der Lederhaut unter der äussern Bedeckung erheben, kommen nun dem andringenden Reize die sensiblen Nervenfäden als feine Schlingen entgegen, aus zwei Fäden gebildet, die neben-

einander in der Papille aufsteigend, sich an ihrem Gipfel umbeugend vereinigen. Beide Fäden, nach der Tiefe zurücklaufend, gehen unter den Papillen in ein feines Geflecht über, in welchen sie sich grossentheils dichotomisch in Zweige spalten, die mit denen der nächsten Umgebung sich vereinigen. Aus diesem Netze entspringt, die Aestchen je einer kleinen Hautstelle verschmelzend, eine Nervenprimitivfaser, die fernerhin nicht mehr getheilt, sich mit andern nur durch Nebenlagerung verbindet, und so die nach den Centraltheilen verlaufenden Nerven oder Nervenbündel darstellt. Sie erscheint als ein dünner Faden, an welchem sich in der äussern Begrenzungshaut eine halbflüssige Markmasse, aus Fett und eiweissartigen Körpern bestehend, von einem in der Mitte liegenden dünneren festeren Faden, der Axenfaser, nach dem Tode wenigstens und durch den Einfluss einiger Reagentien deutlich unterscheiden lässt, während noch unentschieden ist, ob schon während des Lebens die Axenfaser als ein selbständiges Gebilde existirt. Dicht vor dem Rückenmark treten diese sensiblen Nervenfasern, die unterwegs sich auch mit motorischen zur Bequemlichkeit des Verlaufs verbunden haben, aus dieser nur äusserlichen Gemeinschaft wieder aus und sammeln sich, um zunächst in dem Ganglion durch eine Schicht von Nervenzellen, Gebilde, deren weiter Erwähnung zu thun sein wird, ohne weitere Veränderung ihres Baues hindurchzutreten. Sie senken sich hierauf als hintere Wurzel in die Substanz des Rückenmarks ein, theils vielleicht hier endigend, zum grösseren Theile gewiss bis in das Gehirn verlaufend, wo ihre weitere Verbreitung der Untersuchung grösstentheils entgeht.

354. Die Betrachtung des geistigen Lebens wird die Pflicht haben, auf die unvollkommenen Kenntnisse einzugehn, die wir über den Bau der Centralorgane besitzen. Unser gegenwärtiger Gegenstand erfordert dagegen nur die Erwähnung einiger wesentlichen Verhältnisse, welche auf die allgemeine Form der Mechanik der Nervenwirkungen von Einfluss scheinen. Die Centralorgane lassen zwei verschiedene Schichten erkennen, die graue und die weisse Substanz, die erste am Rückenmark von der zweiten, im Gehirn umgekehrt die weisse von der grauen als Bedeckungsschicht umlagert, doch nicht ohne einzelne weniger ausgedehnte Stellen anderer Anordnung. Die weisse Substanz be-

steht, wo sie unvermischt vorkommt, allein aus Fasern, denen der Nerven vollkommen gleich; die graue verdankt ihre abweichende Färbung grossentheils den Nervenzellen, welche sie neben ihren dünneren Fasern als eigenthümliche Bestandtheile besitzt. Diese Zellen sind im Allgemeinen Bläschen meist mit mehreren Kernen, in denen Kernkörperchen unterschieden werden. Sie sind mit einer homogenen eiweissartigen Masse gefüllt, und enthalten ausser dem Zellenkerne feine bald farblose, bald gelbliche, bräunliche oder schwarze Körnchen. Ihre Gestalt ist verschieden; sie sind theils einfache (apolare) Zellen von regelmässiger Rundung, theils nehmen sie eckige, spindelförmige, verästelte Formen an, indem sie bald einen, bald mehrere Fortsätze entwickeln, die in dünne helle Fäden ausgesponnen entweder einfach oder nach mehrfacher Verästelung endigen (uni-, bi-, multipolare Zellen). (R. Wagner, Nachr. v. d. G. A. Univ. 1850. N. 4.)

352. Die Deutung dieser zelligen Nervenelemente ist unsicher. Man hat nicht selten in den Ganglien der spinalen sowie der sympathischen Nerven ihre Fortsätze in wirkliche Nervenfasern auslaufen sehen, während in den Centralorganen der Nachweis gleicher Nervenursprünge von ihnen noch nicht sicher geglückt ist, ein Misslingen, das wenigstens auf ihr seltneres Vorkommen hindeutet. Betrachtet man die Mittelformen, die zwischen der amorphen Masse und den ausgebildeten in Fasern übergehenden Zellen einen fast stetigen Uebergang vermitteln, so kann man vermuthen, in ihnen verschiedene Entwicklungszustände derselben Elemente zu sehen. Man würde eine fortwährende Neuerzeugung von Nervenfasern aus diesen Zellen annehmen können, wenn nicht einerseits die ausserordentliche Anzahl derselben in den Centralorganen eine unwahrscheinliche Grösse dieser Neubildung, anderseits die weitere Fortsetzung der Fäden bis zu einer peripherischen Endigung unvermeidliche Schwierigkeiten einschlösse. Es scheint deshalb, als wenn mindestens nicht überall eine Umbildung der Zellen zu Fasern stattfände, vielmehr mögen die meisten derselben in ihrer Zellengestalt selbst als mehr oder minder dauerhafte Gebilde einen Einfluss auf die Mechanik der Nervenwirkungen ausüben. Worin dieser jedoch besteht, ist noch völlig dunkel und die anatomische Lagerung der zelligen Elemente ist nicht geeignet, einen bestimmten Schluss zu gestatten. Ihr

sehr häufiges Vorkommen in der gefässreichen grauen Substanz der Centralorgane, nicht aber in dem Verlauf der Nerven scheint sie in einen gewissen Gegensatz zu den leitenden Elementen des Nervensystems zu setzen, und es liesse sich vermuthen, dass in ihnen, nicht in den Fasern selbst, die Kraft erzeugt werde, welche übergetragen auf diese, die Anstösse der Wirkung den Organen zuführt. Wie so vieles Andere lässt diese Hypothese freilich die ausschliesslich den sensiblen Spinalnerven zukommende Ganglienbildung ebenso unerklärt, als die andere Annahme, die den Nervenzellen namentlich in Bezug auf Veränderungen der Leitung des Nervenprocesses einen wesentlichen Einfluss zuschreibt.

353. In dem Verlaufe der isolirten Nervenfasern nämlich findet nie eine gegenseitige Uebertragung ihrer Erregungen statt, dagegen versteht es sich von selbst, dass alle Reizungen eines Nerven, die zum Anstoss einer Rückwirkung führen sollen, irgendwo auf andere übergeleitet werden müssen. Auch die Betrachtung der psychischen Processe würde nachweisen können, dass nicht sowohl die Annäherung der Erregungen bis zu einem localen Sitze der Seele, sondern vielmehr ihre vielseitigste physische Wechselwirkung unter einander die Aufgabe ist, welche der Bildung der Centralorgane zu Grunde liegt. In ihnen, im Rückenmark sowohl als im Gehirn, findet denn nun diese Uebertragung der Erregungen in reichem Masse statt, ohne dass doch bis jetzt irgendwo eine Verschmelzung früher isolirt verlaufender Fasern zu einem einzigen Gebilde nachgewiesen wäre. Noch viel weniger zerfällt das Gehirn in eine kleine Anzahl solcher Centralpunkte, in denen ganze Gebiete der Fasern zu einer identischen Masse verschmölzen, am wenigsten gibt es einen einzigen Schlusspunkt des ganzen Netzes, an welchem, als dem Sitz der Seele, sich alle Elemente zusammenfänden. Diese Verhältnisse machen die Annahme nicht nur einer Längsleitung durch die Continuität der Nerven, sondern auch einer queren Uebertragung von einer Faser auf die andere ohne Continuität des Baues nothwendig. Da eine solche nun nie im Verlauf der Nerven, sondern nur in den Centralorganen theils als Irradiation der Erregung von einem sensiblen auf einen andern sensiblen, theils von sensiblen zu motorischen, theils von motorischen Fasern untereinander vorkommt, so hat man wohl die hier gelagerten Ner-

venzellen, durch welche die Fasergebilde namentlich im Rückenmark sehr regelmässig und mit verschmälertem Durchmesser hindurchsetzen, als die Vermittler der Querleitung, welche die Isolation der Fasern aufheben, betrachtet. Sollten sie diese Function in der That besitzen, so würde dies wenigstens eine Bestimmtheit ihrer Lagerung auch zwischen den einzelnen Fasern voraussetzen, die trotz dem, was eben über den Verlauf der Nerven durch die Centraltheile bemerkt ist, wenigstens noch nicht für erwiesen gelten kann.

354. Aus den Centraltheilen sammeln sich, in ihren ersten Ursprüngen nicht sicher bekannt, andere Nervenfasern, die motorischen, um in den vordern Wurzeln des Rückenmarks auszutreten. Ohne zuvor eine Ganglienbildung durchsetzt zu haben, lagern sie sich mit den sensiblen Fasern der hintern Wurzeln für den grössten Theil ihres Verlaufs zu den gewöhnlichen Nervenbündeln gemischter Natur zusammen. Sie verlassen diese Gemeinschaft früher oder später, um sich in den contractilen Organen zu verbreiten. In kleinen Muskeln des Menschen sah Kölliker (Mikrosk. Anatom. II.) die Nerven meist gegen die Mitte ihrer Länge eintreten und sich in einem sehr kleinen Abschnitt ausserordentlich reich verbreiten, während der grösste Theil der übrigen Ausdehnung des Muskels überaus arm an Nerven war. Auch grössere Muskeln scheinen dasselbe Verhalten, nur in Bezug auf jedes ihrer Bündel, dem ein eigner Nervenast zukommt, zu wiederholen. Dies deutet darauf hin, dass jede Primitivfaser nur an einer einzigen Stelle ihrer Länge den Nerveneinfluss empfängt und ihn durch ihre eignen Molecularwirkungen in ihrer ganzen Länge verbreitet, ebenso wie umgekehrt der sensible Nerv die Eindrücke aufnahm, die ihm durch moleculare Erschütterungen kleiner Gebiete des Parenchyms zugeführt wurden. Die feinsten Nervenfasern bilden nach Kölliker in den Muskeln des Menschen Endschlingen, indem sie vielfach anastomosirend aus einem feineren Nervenbündel in das andere übergehen; Theilungen der Primitivfaser und freie Endigungen, bei Fischen und Fröschen häufig beobachtet, scheinen im Menschen entweder nicht oder sehr selten vorzukommen. (Stannius, d. periph. Nsyst. d. Fische.).

355. Die Nerven, welche in Gehirn und Rückenmark sich sammelnd, dort endigend oder entspringend, das Cerebrospinal-

system zusammensetzen, sind fast durchaus der Wechselwirkung zwischen Seele und Körper gewidmet, und nur wenige auf den Bestand des leiblichen Lebens allein bezügliche Wirkungen, wie die Bewegungen der Respiration, gehen von ihrer Thätigkeit aus. Die Betrachtung dieser letzten Functionen dem folgenden Kapitel, die der ersten der Physiologie des geistigen Lebens überlassend, müssen wir hier specieller jenes anderen sympathischen Nervensystems gedenken, von welchem die meisten der Einflüsse ausgehen, deren das vegetative Leben überhaupt von Seiten der Nerven bedarf. Nach den geistvollen Untersuchungen von Volkmann, Bidder, Kölliker u. A. ist der Bau dieses Nervensystems doch noch nicht in allen wesentlichen Einzelheiten aufgehellt; aber unsere speciellen Kenntnisse seiner Verrichtungen sind noch weit unvollkommner, so dass die streitig gebliebenen Punkte für die allgemeine Physiologie noch ziemlich gleichgiltig sind. An der Vorderseite der Wirbelsäule liegt beiderseits eine Reihe von Ganglien, die unter einander und mit der der entgegengesetzten Seite durch Nervenfäden verbunden, den Hauptkörper des sympathischen Systems, den sogenannten Grenzstrang, zusammensetzen; gleiche Verbindungsfaden finden sich zwischen ihm und dem Rückenmark. Aus den Ganglien selbst treten andere Fäden nach aussen, die unter einander sich zu ausgedehnten Geflechten verspinnend, sich hauptsächlich in den grösseren vegetativen Organen verbreiten, und deren Fasern bald frei, bald durch Verästelung sich in der Substanz derselben endigen. Die Frage, welches Ursprungs alle diese Elemente sind, und welche Bedeutung die Verbindung des ganzen Systems mit dem Rückenmark habe, ist insofern wenigstens gelöst, als die folgenden Punkte hinlänglich feststehen.

356. Die Gesammtheit der Fasern des Sympathicus kann keinesfalls als entsprungen aus dem Cerebrospinalsystem angesehn werden; abgesehen von allen andern Gegengründen hat directe Beobachtung den Ursprung vieler Fasern von den Nervenzellen nachgewiesen, die hier wie an der Wurzel der sensiblen Nerven, den wesentlichen Bestandtheil der Ganglien bilden. Solche Ursprünge finden sich nicht nur in der Ganglienkette des Grenzstranges, sondern auch in kleineren peripherischen Ganglien, aus denen häufig einerseits mehr Fasern austreten, als

anderseits eingetreten sind. Diese dem Sympathicus eigenthümlichen Fasern haben Volkmann und Bidder auch äusserlich durch ihre grössere Feinheit von den weit stärkeren Fasern des Cerebrospinalnervensystems unterscheiden zu können geglaubt. Indem sie die peripherischen Verzweigungen der Nervenbündel untersuchten, in denen sich zur Bequemlichkeit des räumlichen Verlaufs Nervenfäden aller Art äusserlich aneinander legen, fanden sie, dass alle Zweige, die zu vegetativen Organen oder zu Theilen mit regem Bildungswechsel verlaufen, überaus reich an jenen dünnen Fasern sind, die dagegen den Theilen von rein animalischer Function in viel geringerer Anzahl zugeführt werden. So enthalten die Nerven willkührlicher Muskeln etwa 10% dünner Fasern, die Nerven unwillkührlicher Muskeln wohl 100 dünne auf eine dicke; die der Hautbedeckungen fast gleich viel der einen wie der andern Gattung; die sensiblen Nerven der Schleimhäute zeigen 5—20 mal mehr feine Fasern als dicke; die Nerven derjenigen Schleimhäute endlich, die im gesunden Leben wenig oder kein Gefühl haben, enthalten fast nur dünne Fasern. (Volkmann in Wagners HWB. II, 593.) Nun finden sich allerdings zwischen jenen dickeren Fasern von etwa 0,0005″ und den dünnern von etwa 0,0002″ Durchm. Fäden von jeder mittleren Grösse, obgleich weit seltener als diese beiden äussersten Arten; es kommen ferner feine Röhren auch in Theilen vor, die dem Sympathicus gewiss fremd sind, endlich sind die dicken Fasern sämmtlich in einer gewissen Periode ihrer Entwicklung den dünnen gleich. Diese von Kölliker (Mikroskop. Anatomie II, 528) hervorgehobenen Umstände verhindern zwar, den Unterschied beider Fasergattungen als einen so scharfen und beständigen zu fassen, wie dies früher von Volkmann geschah, sie beeinträchtigen jedoch nicht die Annahme, dass an die dünneren Röhren, so lange und so weit sie existiren, eigenthümliche Wirkungen geknüpft sind, und dass der weit überwiegende Besitz derselben einen anatomischen Unterschied des Sympathicus von dem Cerebrospinalsystem bilde. Was endlich den Zusammenhang beider Nervensysteme betrifft, so verweisen wir über das noch vielfach streitige Detail dieser Untersuchungen auf Köllikers erwähntes Werk; die allgemeine Physiologie kann aus ihnen bis jetzt nur das Resultat ziehen, dass ein anatomi-

scher Zusammenhang der Verbreitung zwischen beiden eben überhaupt stattfindet, dessen Umfang und nähere Einrichtung jedoch noch eben so unzureichend bekannt ist, als die Vortheile, die er für einen functionellen Zusammenhang beider Nervensysteme bietet. Es scheint gewiss, dass nicht nur cerebrospinale Fasern theils aus dem Marke, theils in den Spinalganglien aus Nervenzellen entsprungen, durch die rami communicantes an den Sympathicus treten und sich peripherisch mit demselben in die Organe verzweigen, sondern dass auch umgekehrt Fasern des Sympathicus an das cerebrospinale System übergehen, zweifelhaft jedoch, ob sie in die Centraltheile dieses Systems selbst eindringen und dort endigen, oder ob sie nicht alle umbeugend sich peripherisch wenden und dem Verlaufe der Spinalnerven in die Organe des Körpers folgen.

357. Aus welchen Gründen dieser Bau des sympathischen Nervensystems für seine Functionen nothwendig war, können wir nur im Allgemeinen vermuthen. Gewiss musste die Regulation des Stoffwechsels und aller chemischen und morphotischen Processe überhaupt, so weit sie aus den früher angeführten Ursachen die Mitwirkung eines Nervenapparates erforderte, doch dem Nervensystem entzogen werden, welches die willkührlichen und unregelmässigen Impulse der Seele aufzunehmen und zu leiten hat. Ebenso gewiss durften beide nicht ausser aller Gemeinschaft sein; eine gewisse Selbständigkeit des Wirkens, die doch einzelne Anregungen vom Cerebrospinalsystem zu empfangen und umgekehrt deren zu ertheilen gestattet, musste daher wohl der Zweck des eigenthümlichen Baues der sympathischen Nerven sein. Hiermit hängt eine besondere Form des Wirkens von selbst zusammen. Die cerebrospinalen Nerven müssen momentanen unregelmässigen Reizen gehorchen: ihre Rückwirkungen werden daher eben so rasch als schnell vorübergehend sein; eine periodische Wiederkehr gewisser Aeusserungen würde sie ungeeignet machen, ihrer Bestimmung für das geistige Leben zu genügen. Das vegetative Leben umgekehrt verlangt eine gewisse Stetigkeit vieler Verrichtungen und eine abgemessene rhythmische Wiederholung anderer, sei es, dass die letztere überhaupt keine Erneuerung des Reizes voraussetzt, oder dass sie von Reizen abhängt, die selbst unfehlbar periodisch wiedererzeugt werden. Aus solchen An-

schauungen hat man sich schon längst ein Bild von dem Wirken des sympathischen Nerven entworfen, dessen Züge jedoch nicht alle sicher sind, und eine speciellere Prüfung erfordern. Die letzte Gestalt, welche der Erfolg aller Thätigkeit der Nerven annimmt, ist nicht nur von der Wirkungsweise ihrer ursprünglichen Kraft, sondern zugleich von ihrem Baue und von der Natur und Eintrittsweise der Reize abhängig, denen sie ausgesetzt sind. Wir haben ihres Baues bisher gedacht und der Vermuthungen über die Art des wirksamen Princips. Ehe wir zur Betrachtung ihrer zusammenstimmenden organischen Functionen übergehen, müssen wir noch, so weit die Erfahrungen dies erlauben, von der allgemeinen Form ihrer Reizbarkeit sprechen, durch welche sie auf Anlass äusserer Erregungen zur Ausübung jener Verrichtungen geschickt sind.

§. 31.

Von der Reizbarkeit der Nerven.

358. So wie das Princip der Nervenwirkung, so ist auch die Form derselben und die ihrer Leitung unbekannt. Zwei Vorstellungen lassen sich hierüber im Allgemeinen fassen, denen der Emission und der Undulation in der Optik parallel; die Nerven können entweder durch strömende Bewegungen einer vorüberfliessenden Masse oder durch fortschreitende Erschütterung einer beständig bleibenden wirken. Sie würden im ersten Falle, wenn die strömende Masse zugleich durch die Wirkung unbenutzbar würde, einen lebhaften beständigen Wiederersatz, in dem zweiten Falle nur dann eine Erneuerung bedürfen, wenn die Erschütterung secundär eine Zerstörung des erschütterten Substrates hervorbrächte. Es ist kaum der Mühe werth, die Erfahrung zu befragen, welcher Vorstellung sie günstiger sei; denn die Möglichkeit, dass auch ein strömendes Element gleich dem Blut zur Wiederbenutzung gelangt, lässt alle Erscheinungen der Nervenerschöpfung und ihrer Erholung ebenso durch beide Hypothesen erklären, wie sich auch die Verhältnisse der Leitung der einen so wohl und so übel als der andern anschliessen lassen. Die Ausdrücke Irradiation und Reflex, durch welche wir die Uebergänge der Processe von Faser zu Faser bezeichnen, bedeuten daher zunächst nichts als die Thatsache dieser Uebertrag-

ung der Erregung überhaupt, ohne irgend ein Vorurtheil über die Form der Mittheilung.

359. Was nun die Leitung der Nervenprocesse selbst betrifft, so müssen wir vor allen Dingen festhalten, dass wir über ihre Richtung bisher nur aus dem Eintreten sichtbarer Erfolge urtheilen können. Ein solcher Schluss ist nie logisch sicher. Wenn daher die Physiologie als eine ausgemachte Wahrheit den Satz aufstellt, dass die Leitung in den sensiblen Nerven nur centripetal, in den motorischen nur centrifugal erfolge, so hat sie höchstens das unverdiente Glück, vielleicht einen wirklich richtigen Satz unmotivirt zu behaupten. In einem sensiblen Nerven, der zu nicht contractilen, nicht absondernden Theilen sich verbreitet, würde eine centrifugale Wirkung, wenn sie stattfände, sehr schwer aufzufinden sein, denn sie würde muthmasslich nur in einem regulirenden Einfluss auf Gestaltbildung, Stoffwechsel und Wiederersatz in dem fungirenden Sinnesorgane bestehen. Einen solchen Einfluss durch den sensiblen Nerven ausgeübt zu denken, ist gar keine unwahrscheinliche Annahme. Eben so würde ein motorischer Nerv auf einen äusseren Reiz freilich nur an seiner contractilen Endigungsstätte eine sichtbare Wirkung erzeugen; aber die Empfindung der Grösse der Muskelbewegung und der gemachten Anstrengung würde doch eine vernünftige Aufgabe seiner centripetalen Leitung sein, die doch schwer sich experimentell beobachten liesse. Hiervon jedoch abgesehen ist eine einseitige Leitung in dem so einfach gebauten Leiter eines Nerven eine physikalische Schwierigkeit, und so lange nicht in dem Bau sensibler und motorischer Fasern entschiedenere Abweichungen entdeckt sind, möchten wir den obigen Satz so umgestalten, dass in den ersten nur centripetale, in den zweiten nur centrifugale Leitung bemerkliche Erfolge hervorbringe.

360. Diese Bemerkungen setzten übrigens voraus, dass der wirksame Process in motorischen wie sensiblen Nerven derselbe sei und seine verschiedenen Effecte durch die verschieden gebauten Organe bedingt, die er anregt. In Bezug auf diese beiden Nervengattungen ist man vielleicht geneigt, diese Auffassung zuzugeben, während man ihr bei der Betrachtung der einzelnen sensiblen Nerven durch die Behauptung specifischer Ener-

gien derselben entgegentritt. Jeder Nerv soll nur in einer ihm beständig und ihm ausschliesslich zukommenden Form thätig sein, und zu derselben Klasse der Wirkungen durch die verschiedensten Klassen der adäquaten so wie der unadäquatesten Reize vermocht werden. Theilen wir diesen Satz und sprechen wir zunächst von einem und demselben Nerven, ohne den Unterschied seiner specifischen Energie von denen der andern zu beachten, so ergibt sich Folgendes. Reize übertragen nicht eine fertige Wirkung auf die Substrate, die sie angreifen, sondern sie geben diesen Substraten einen gewissen Impuls, durch den irgendwie das Gleichgewicht der ihnen eigenthümlichen Kräfte gestört und zur Erzeugung irgend einer Form der Wirkung angetrieben wird. Heftige Einwirkungen nun enden überall mit einer bleibenden Veränderung oder völligen Vernichtung der früheren Verhältnisse des Substrates; für das Leben benutzbar können daher, weil eine fortwährende Functionsfähigkeit der Nerven verlangt wird, nur geringere Reize sein, welche zwar momentan das Gleichgewicht ihrer Kräfte stören, aber doch nur so weit, dass die folgende Nachwirkung als eine Bestrebung zur Wiederherstellung des Gleichgewichtes erscheinen kann. Unter diesem Gesichtspunkt aufgefasst, hängt die Form des Nervenactes nothwendig zum grössten Theile von der Form des natürlichen Gleichgewichts ab, welches gestört wurde, nur zu geringerem von der Natur der störenden Kraft selbst. Durchlaufen die Reize eine unendliche Reihe quantitativer und qualitativer Veränderungen, so werden sich doch die Erregungszustände des Nerven nur in dem engern Spielraum jener Processe hin- und herbewegen, die ihm seine Natur und die Formen, in denen er überhaupt gestört werden kann, möglich machen. Nichts verhindert im Allgemeinen anzunehmen, dass diese Processe stets so eng beisammenliegen, dass sie nur als quantitative Modificationen eines qualitativ oder formell gleichen Vorgangs erscheinen, und dies ist es, was die Ansicht von einer specifischen Rückwirkung auf alle möglichen Arten der Reize verlangt.

361. So einfach nun dies Verhältniss ist, so ist der andere Theil jener Behauptung nicht so klar, dass nämlich jedem Nerven oder jeder Nervengattung eine eigenthümliche von allen andern verschiedene specifische Energie ausschliesslich zukomme.

Sollen durch dieselben Reize in verschiedenen Nerven beständig verschiedene Processe erregt werden, so muss irgendwie das Substrat, auf welches sie wirken, abweichend gebildet sein. Structur und Mischung der einzelnen Sinnesnerven haben bis jetzt keine so hervorstechenden Unterschiede gezeigt, dass auf sie die Verschiedenheit der Energien gegründet werden könnte, doch ist hier allerdings die Untersuchung kaum in ihren Anfängen begriffen. Bekannter sind uns die eigenthümlichen Endigungsweisen der Sinnesnerven und sie können in doppelter Weise zur Erklärung herbeigezogen werden. Für den gewöhnlichen gesunden Zustand erlauben sie meist nur adäquaten Reizen den wirklichen Zutritt; der Bau des Auges hält alle andern gewöhnlichen Reize ausser dem des Lichtes von der Netzhaut ab; der Gehörnerv steht in der That nur den Schallwellen leicht zu erreichen; zugänglicher für fremdartige Anstösse sind allerdings Geruchs- und Geschmacksnerv; dennoch werden auch sie wie jene von einer unverhältnissmässig grössern Menge adäquater als unadäquater Reize beständig erregt. Hieraus könnte sich eine specifische Gewohnheit entwickeln; die oft wiederholte gleiche Erregung könnte in jedem dieser Nerven eine grössere Labilität des Gleichgewichts seiner Elemente nach einer bestimmten Richtung hin hervorrufen, und jeder fremdartige Reiz würde nun in jedem Nerven diejenige Rückwirkung erregen, welche zur Herstellung seines in einem bestimmten Sinne leichter störbaren Gleichgewichts diente. In anderer Weise kann die Endigungsform der Nerven nicht nur dadurch bedeutsam sein, dass sie die Faser selbst hier in diese, dort in jene Spannungszustände versetzt, sondern auch indem sie, als die Stelle des Nerven, welche Reize überhaupt am leichtesten und intensivsten einwirken lässt, vermöge ihres Baues eher in diese als in jene Klasse der Erregung versetzt wird. Der Sehnerv, an der elastischen Kugel des Auges ausgespannt, der Hörnerv in ähnlicher Art auf einer Membran ausgebreitet, müssen denselben Reizen, auch ohne Unterschiede der Mischung und der Structur ihrer feinsten Elemente, schon durch diese mechanischen Verhältnisse ihrer Lagerung eine andere Verletzlichkeit entgegenstellen, als die Hautnerven in ihrer Endigung in den Papillen. Es würde daher an Erklärungsmitteln für die specifische Energie der Nerven nicht fehlen, wenn

sie als allgemeine Thatsache selbst feststände. Allein die sichern Erfahrungen wissen nur von Lichtempfindungen auf unadäquate Reize. Zwar erregen Schläge auf die Kopfknochen wohl auch Geräuschempfindungen, aber sie sind nur ungeschlachte, nicht unadäquate Reize, da Erschütterungen fester Molecule den Schallwellen der Luft gleichzustellen sind; für die Hautnerven scheint es keine unangemessenen Reize zu geben; sollten Geruchs- und Geschmacksnerven, deren natürliche Reize wir in der Art ihres Einwirkens nicht kennen, durch fremdartige sich zu ihren specifischen Empfindungen bestimmen lassen, so müssten Beobachtungen hierüber, die als einzelne Seltenheiten von wenigen Schriftstellern angeführt werden, bei der Zugänglichkeit dieser Nerven mindestens so häufig sein, als die Lichterscheinungen auf mechanische Einflüsse. Die Behauptung der specifischen Energien im Allgemeinen ist daher kein sicherer Satz der Nervenphysiologie.

362. So viele Elemente der Nerventhätigkeit sind uns nach dem Allen unbekannt, dass eine Theorie, welche über diese Lücken hingebaut, die Gesetze bestimmen wollte, nach denen ihre letzten Effecte sich richten, nur wenig vermögen würde. Als eine solche müssen wir die Lehre von der Reizbarkeit der Nerven betrachten; denn in der That vermag sie nur die letzten Folgen der Nervenwirkungen mit ihren ersten Veranlassungen zu vergleichen und aus dem Befunde sehr unsichere Rückschlüsse auf die dazwischenliegende Reihe von Processen zu machen. Die Wirkungen der Nerven bieten eines der auffallendsten Beispiele jenes allgemeinen Verhältnisses, nach welchem ein Erfolg nicht allein durch den einen scheinbar allein handelnden Reiz, sondern eben so sehr durch die anscheinend nur passive Natur des Substrats, auf welches er einwirkt, mitbestimmt wird. Nicht immer bringt hier derselbe Einfluss dieselben Rückäusserungen hervor; Grösse und Form der Reaction ändert sich häufig, indem der einzelne Nerv, der den Eindruck des Reizes aufzunehmen hat, bald vermöge seiner Zusammenhänge mit dem übrigen Organismus, bald durch die öfter vorangegangene Wirkung des Reizes selbst in veränderliche Zustände versetzt wird, in denen er seinem Eindrucke bald grösseren Widerstand, bald grösseren Vorschub leistet. Ueberlassen wir der Pathologie jene Umänderungen der Reizbarkeit, die aus allgemeinen Zuständen auf den

einzelnen Nerven übertragen werden, so bleibt für die Physiologie die Betrachtung der einfacheren Frage übrig, nach welchen Formen unter übrigens gleichem Verhalten des Gesammtorganismus der Reiz des einzelnen Nerven mit seiner Thätigkeit zusammenhänge.

363. Auch diese Frage gestattet keine einigermassen befriedigende Genauigkeit der Antwort; denn jeder gesetzliche Zusammenhang, den man hier vermuthen könnte, kann natürlich nicht direct zwischen dem Reize und dem Nervenprocess stattfinden, sondern nur zwischen dem letztern und demjenigen Antheile des Reizes, der in der That zur Einwirkung auf den Nerven gelangt. Wäre auch die Grösse des äussern Reizes messbar, so würden wir in den wenigsten Fällen beurtheilen können, ob die Steigerung oder Abnahme der Rückwirkung, die bei seiner öfteren Wiederholung oder längeren Dauer eintritt, von einer Veränderung in der Wirkungsweise der Nerven und nicht vielmehr von einer Umgestaltung der umhüllenden Theile herrührt, die jeder Reiz, um den Nerven zu erreichen, durchdringen muss. Diese Veränderungen, die keineswegs nothwendig für unsere Beobachtung merklich sein müssten, könnten den Einfluss des Reizes ebensowohl steigern und mindern, als ihn selbst in seiner Form umwandeln. Für die Betrachtung der Oekonomie des Lebens im Ganzen kann uns freilich diese Zweideutigkeit meist gleichgiltig sein, denn ihr käme es nur darauf an zu wissen, was nun thatsächlich unter bestimmten Bedingungen der letzte Effect gegebener Reize ist; will man jedoch aus diesen beobachtbaren Thatsachen speciellere Vorstellungen über die Thätigkeitsweise der Nerven entwickeln, so muss man diese erste Schwierigkeit beherzigen, dass wir zwar zuweilen den Reiz, niemals aber genau die Grösse des Einflusses bestimmen können, mit der er auf die Kräfte des Nerven selbst einwirkt. Die zweite Schwierigkeit knüpft sich sofort daran; auch die Effecte der Reize nämlich sind fast nie genau messbar. Sie bestehen bei sensiblen Nerven in Deutlichkeitsgraden der Empfindung oder in Grössen der Schmerzen, die kaum irgendwie zu bestimmen sind; wollten wir uns dagegen an Leistungen der Nerven wenden, die in messbaren Bewegungen oder Absonderungen bestehen, so ist hier umgekehrt keine Möglichkeit, die Grösse des bewirkenden Reizes

im lebenden Körper zu bestimmen. Es gehörte grosse Kühnheit dazu, unter diesen Umständen jene ausführliche Lehre von der Erregbarkeit zu ersinnen, die nicht nur für die Nerven das Verhältniss von Reiz und Erfolg zu bestimmen suchte, sondern die noch ungleich verwickeltere Frage lösen wollte, welcher Nutzeffect für das Leben des Gesammtorganismus aus irgend einem Reize hervorgehe, dessen Angriffspunkt eben so unbekannt war, als seine Grösse schlecht gemessen, seine Einwirkungsweise phantastisch ausgemalt. Anstatt dieser Theorie, die noch immer sehr ausgedehnt die Praxis der Aerzte beherrscht, versuchen wir folgende Punkte einigermassen glaubhaft zu machen.

364. Wirken Reize momentan auf einen Nerven ein, so scheint es, dass die Grösse des durch sie erregten Nervenprocesses in geradem Verhältniss zu ihrer eignen Grösse steht und von diesem correspondirenden Wachsthum nur in der Nähe jener hohen Werthe der Reize abweicht, deren Einwirkung die Functionsfähigkeit der Nerven überhaupt durch Zerstörung ihrer normalen Verhältnisse aufhebt. Wenigstens Licht- und Schallempfindungen richten sich in ihrer Stärke nach der Grösse des einwirkenden Reizes ziemlich regelmässig, wahrscheinlich, weil hier die Anregung von aussen die mindesten Umformungen durch Medien erfährt, die zwischen ihr und den Nerven liegen; den objectiv gemessenen Graden der Temperatur dagegen entspricht die Wärmeempfindung der Hautnerven weit unvollkommner, muthmasslich, weil die Erzeugung der Empfindung hier weniger unmittelbar von dem äussern Reize ausgeht, sondern von der Veränderung abhängt, welche die Bedeckungsschichten durch die Temperatur erfahren und mit welcher sie als einem zweiten Reize nun erst auf die Substanz des Nerven einwirken. Derjenige Theil aber dieser Veränderung der Hautmolecule, der zu einer weiter fortzupflanzenden Einwirkung auf die Nerven disponibel ist, braucht in keinem einfachen Verhältnisse zu der Höhe der objectiven Temperatur zu stehen. Ueberblickt man jedoch im Allgemeinen die grosse Verschiedenheit in der Form der adäquaten Nervenreize, so wird man es schon ziemlich schwer finden zu bestimmen, was eigentlich in jedem einzelnen unter seiner Stärke oder der Grösse seiner Einwirkung zu verstehen sei, und wird daher davon absehen, dieser Betrachtung einen

bestimmteren Satz abzugewinnen, als diesen, dass im Ganzen grössere Reize auch grössere Nervenprocesse erregen, und dass innerhalb ziemlich weiter Grenzen die Abnutzung der Nervensubstanz durch ihre Function selbst nicht merklich die Wirkungen der Nerven hinter den Graden der Reize zurückbleiben lässt.

365. Ein gleicher Satz lässt sich in Bezug auf dauernde Reize aussprechen. Man könnte voraussetzen, dass jeder andauernde gleichbleibende Reiz allmählich anwachsende Nervenprocesse hervorbringen müsse, indem die Wirkung des ersten Moments sich dem Gesetze der Trägheit zufolge mit der des nächsten summire. Dies Verhalten kommt jedoch nicht allgemein vor. Manche Temperatur, mancher Druck allerdings, im ersten Augenblick erträglich, wird bei längerer Dauer stärker und belästigender empfunden, aber, wie es scheint, aus dem Grunde, weil die nächsten Wirkungen beider Reize auf das nicht nervöse Parenchym sich allerdings summiren und daher dem Nerven nicht fortdauernd gleiche, sondern wachsende Reize zukommen lassen. Der Nervenprocess selbst dagegen scheint so geartet zu sein, dass innerhalb gewisser Grenzen der Grösse und Dauer des Reizes sich die Wirkung eines Moments nicht mit der des folgenden zusammensetzt. Ein lang angehaltener Ton erscheint uns daher nicht allmählich stärker, ein Licht nicht nach und nach heller; die Festhaltung eines bestimmten Contractionsgrades der Muskeln erfordert nicht abnehmende, sondern mindestens fortdauernd gleiche Anstrengung. Worauf die schnelle Zerstreuung der momentanen Erregung beruhe, lässt sich nicht mit Bestimmtheit angeben. Man kann sie abhängig machen von der beständigen Ernährung, welche den Nerven jeden Augenblick wieder in seinen vorigen Zustand zurückführt; es ist jedoch leicht möglich, dass sie vielmehr von der Form des Nervenprocesses selbst herrührt. Die Nervenelemente könnten im Zustande des Gleichgewichts irgendwie in solchen Verhältnissen gedacht werden, dass beim Eintritt einer Störung ihre Excursionen um diese natürliche Lage sehr rasch an Weite abnehmen, und die Erregung des einen Augenblicks die des andern in keiner merklichen Weise verstärkte. Die Ernährung wäre dagegen nur bestimmt, die langsamer eintretenden grösseren Veränderungen der Mischung und Structur auszugleichen, welche der Nerv im Verlauf sei-

ner Function durch öftere Wiederholung jener Erschütterungen erfährt.

366. Allein die Betrachtung der häufig vorkommenden Nachempfindungen scheint eine andere nähere Bestimmung jener Vorstellung nöthig zu machen. Zwar kommen länger dauernde Nachempfindungen in gesundem Zustande nur nach heftigeren die Function der Nerven momentan aufhebenden Reizen vor; allein wenigstens im Auge sind sie doch auch nach sehr geringfügigen Eindrücken dauernd genug, um unter günstigen Umständen selbst zwischen später entstandenen Empfindungen hindurch wahrgenommen zu werden. Diese Thatsache lehrt, dass Erregungen der Nerven mindestens nicht allgemein so rasch verklingen, wie oben angenommen wurde, dass sie vielmehr wirklich dem Gesetze der Trägheit nach fortdauern, und nur nach und nach durch die Widerstände aufgezehrt werden, die sie als erzwungene Zustände in dem Leben der Nerven finden. Wenn nun dennoch eine Verstärkung der einen momentanen Wirkung durch die fortdauernden Reste der früheren bei beständigem Reize nicht eintritt, so muss dies an der Form liegen, in welcher der Reiz selbst zur Wirkung auf den Nerven gelangt. So ungefähr, wie ein tönender Körper den andern zum Mittönen bewegt, müssen wir uns das wirksame Substrat des Reizes und die thätigen Massen des Nerven als ein zusammengehöriges System denken, dessen einzelne Theile zuletzt sämmtlich in gleiche Bewegungszustände versetzt werden. Die Bewegungen des Nervenprincips würden dann niemals sich summiren, wohl aber mit allmählich abnehmender Stärke noch fortdauern können, nachdem der Nerv, das resonirende Organ, nicht mehr in Verbindung mit dem Reize, dem ursprünglich tönenden Körper ist. Oder um ein anderes Beispiel zu wählen; es seien a und b zwei unelastische Kugeln, b dem Nerven, a dem andringenden äussern Reize verglichen. Auf das ruhende b stosse a, so wird die Mittheilung der Bewegung damit enden, dass a und b zwar in gegenseitiger Berührung, doch ohne dass a auf b einen ferneren Druck ausübt, mit gleicher Geschwindigkeit in der Richtung des Stosses fortgehn. Erfährt nun das vorangehende b beständig Widerstände seiner Bewegung, während a seine eigene Geschwindigkeit aus irgend einer Quelle stets gleichförmig wieder zu er-

setzen vermag, so muss b in jedem Augenblicke, in welchem seine Bewegung verzögert wird, von neuem einen Druck von a erfahren, der ihm genau so viel Geschwindigkeit wieder mittheilt, als es durch den Widerstand verlor. Aehnliche Verhältnisse finden in der That zwischen Reiz und Nerven statt. Die Erregungen des letztern finden als Gleichgewichtsstörungen beständig Hindernisse an den Kräften, welche das Gleichgewicht wieder herzustellen streben; die Einwirkungen des Reizes aber, von dauernden Processen der Aussenwelt abhängig, erneuern sich wieder und vermögen die Erregung längere Zeit auf derselben Höhe zu erhalten. Man könnte auf diese Vorstellungen mancherlei Consequenzen bauen, wenn es nicht räthlicher wäre, es zu unterlassen.

367. Verlängert sich die Dauer eines Reizes über billige Grenzen, so treten zwei Folgen ein; die Empfänglichkeit für seinen qualitativen Inhalt nimmt, anstatt zu steigen, vielmehr ab, und zugleich entwickeln sich Gefühle der Unlust als Wahrnehmungen des gestörten Nervenzustandes, der durch die beständige Ernährung nicht mit gleicher Schnelligkeit wieder hergestellt wird. Diese Erscheinungen sind jedoch um deswillen ziemlich verwickelt, weil bei Empfindungen sowohl als bei Bewegungen das Resultat grossentheils durch psychische Elemente mitbedingt wird, die ihrem Masse nach nicht zu bestimmen sind. Ist ein Eindruck von mässiger Stärke, so scheint die blos nervöse Empfindlichkeit für ihn im Allgemeinen nicht sehr rasch abzunehmen; da wir aber den Thätigkeitsgrad des Nerven nur an der Deutlichkeit der Empfindung messen können, diese aber von der Reizbarkeit der psychischen Aufmerksamkeit mit abhängt, so ist über die Geschwindigkeit, mit der die Empfänglichkeit des Nerven sich vermindert, nichts Sicheres zu ermitteln. Bei längerer Dauer eines Farbenreizes, eines Geräusches bemerken wir, dass die Wahrnehmung abwechselnd deutlicher und dunkler wird; momentan flammt die Farbe wieder auf, scheint das Geräusch näher zu kommen. Dies kann von einem Schwanken der Aufmerksamkeit herrühren, für welches tausend Gründe in dem Verlauf der psychischen Zustände liegen können; da wir jedoch auch bei längerer Muskelanstrengung die ursprünglich stetige Zusammenziehung in abwechselnde, zitternde Stösse übergehen sehen, so lässt diese

Analogie auch die andere Vermuthung zu, dass die Discontinuität der Function wirklich ein Symptom nahender Erschöpfung der Nervenreizbarkeit ist. Doch müssen wir sogleich hinzufügen, dass in dem letztern Beispiele selbst die Unstetigkeit der Contraction ebensowohl von Ermüdung der Muskelsubstanz, als von der des Nerven herrühren kann. Die ausserordentliche Dauer oft sehr lebhafter Schmerzen in Krankheiten zeigt uns am besten, dass die Thätigkeit der Nerven überhaupt nicht so leicht erschöpft ist; da jedoch Schmerzen nicht auf normalen Functionen, sondern auf Störungen derselben beruhen, so lässt sich auch aus ihnen nichts darüber schliessen, wie lange die Nerven ihre speciellen Functionen ohne Abwechslung fortführen können, ohne eben in diese grösseren Störungszustände zu gerathen.

368. Es bliebe uns noch übrig, ein Wort über die Einflüsse zu sagen, welche verschiedene Nervenprocesse auf einander ausüben. Begegnen sich zuerst zwei heterogene Erregungen in demselben Nervenelement, so ist es möglich, dass sie sich gegenseitig stören und eine einfache mittlere Erregung erzeugen, die zu den Centralorganen fortgeleitet wird. Dies ist jedoch nicht immer der Fall; der Gehörnerv, dessen sämmtliche Elemente von allen zugleich erklingenden Tönen gleichzeitig gereizt werden, überzeugt uns vielmehr, dass diese vielen Erregungen ungestört durch einander verlaufen, da ihre Resultate noch in der Empfindung gesondert auftreten. Auch hat überhaupt die Durchkreuzung verschiedener Impulse ohne Abänderung und Verschmelzung ihrer Form nichts physikalisch Räthselhaftes, das uns im Allgemeinen die Verbindung der Erregungen zu Resultanten glaublicher erscheinen liesse. Welches von beiden Ereignissen in jedem einzelnen Falle eintreten werde, hängt von der Form des angeregten Processes so wie von Nebenumständen ab, die wir nicht zu würdigen vermögen. Versuche hierüber würden manche Klippen zu vermeiden haben. So wird es schwer sein zu entscheiden, ob nicht die Reize selbst schon vor ihrem Angriff auf den Nerven eine Resultante erzeugt haben, deren einfacher Reiz nun erst auf den Nerven einwirkt. So scheint es häufig zu sein bei der Mittelempfindung, die aus verschiedenen gleichzeitigen Geschmäcken, Gerüchen, Temperaturreizen hervorgeht, während alle diese Reize vielleicht getrennt empfunden würden, wenn sie

gleichzeitig jeder einzeln zur Einwirkung auf dasselbe Nervenelement gelangten. Aber eben diese Identität des Nervenelementes zu sichern, auf welches sie gesondert wirken, würde für diese Reize eine neue grosse Schwierigkeit sein.

369. Auf dem Einflusse, welchen frühere Erregungen auf spätere desselben Nerven ausüben, beruhen die Erscheinungen der Gewöhnung, die übrigens auch unabhängig vom Nervensysteme in andern Theilen, so wie auch im Pflanzenkörper auftreten. Denn die physischen Verhältnisse, von denen sie abhängen, sind sehr einfach und können in jeder Substanz vorkommen. Sie bestehen darin, dass nach der Lage der Umstände die Wirkung eines Eingriffs in dem ersten Momente seiner weitern Einwirkung entweder fördernd oder hindernd entgegenkommt. Hammerschläge verdichten eine Metallplatte; aber je mehr die früheren dies bereits gethan haben, desto geringer müssen die Erfolge der spätern, gleich starken werden. Dieselben Stösse erschüttern aber nach anderer Richtung hin die Cohäsion eines spröden Körpers; hier arbeitet jede Erschütterung der folgenden begünstigend vor und der Zusammenhang des geschlagenen Körpers ist zuletzt schon durch sehr kleine Einflüsse völlig zu brechen. So kann es im Allgemeinen auch in dem Nerven eine doppelte Gewöhnung geben; die Reize ändern ihn möglicherweis bald so um, dass er ihrer Wiederholung mehr Widerstand leistet und daher grössere Erregungen bedarf, um gleich grosse Wirkungen auszuüben, bald so, dass sein neuer Zustand durch immer kleinere Reize zu gleichen Grössen der Bewegung gebracht wird. Beides kommt im lebenden Körper vor, doch habe ich anderwärts die Vermuthung glaublich zu machen gesucht, dass hier diese zweifache Gestalt des Erfolgs doch immer nur auf einer Wirkungsweise beruhe (Allgemeine Pathologie u. Therapie. 1848. S. 39.). Dem Princip nach scheint mir nämlich in den Nerven nur die Art der Gewöhnung vorzukommen, nach welcher ein Organ durch einen Reiz in Zustände versetzt wird, welche die erneute Einwirkung des Reizes begünstigen, und den Effect desselben vergrössern. Die Folgen dieses Princips aber zerfallen ihrem Aussehn nach in zwei entgegengesetzte Reihen. Kann das gereizte Organ durch eigne Thätigkeit seinen veränderten Zustand ausgleichen, so tritt diese Thätigkeit bei Wiederholung der Reize immer leichter auf

und das Organ wird für den Reiz lenksamer, eine Form der Gewöhnung, die wir z. B. in motorischen Nerven und Muskeln als Uebung kennen. Kann dagegen das gereizte Organ nicht durch eigene, sondern nur durch von ihm angeregte Thätigkeiten anderer Organe seine Zustände ausgleichen, so werden diese helfenden Functionen auf jeden neuen Reiz leichter in Bewegung gesetzt; die Wirkung des Reizes wird daher stets leichter von dem unmittelbar betroffenen Organ abgelenkt und zerstreut; seine eigene Thätigkeit erfordert daher zu ihrer Erregung immer steigende Reize. Wir müssen jedoch die weitere Betrachtung dieser Verhältnisse, die hauptsächlich in Krankheitszuständen deutlicher werden, der oben angeführten Stelle überlassen.

370. Die Erscheinungen der Gewöhnung unterscheiden sich allerdings noch von jenen mechanischen Verhältnissen, durch die wir sie oben veranschaulichten. Die grössere Dichtigkeit einer Metallplatte, welche die früheren Hammerschläge erzeugten, ist ein bleibendes Resultat, auf welches die späteren weiter einwirken. In den Nerven dagegen nimmt diese Wirkung der ersten Reize allmählich wieder ab und lässt nur einen geringen Rest bestehen, der eine Zeit lang, aber nicht für immer, den späteren Eingriffen Vortheile bereitet. Auf dieser Abschwächung der Wirkung beruht die Möglichkeit der Wiederentwöhnung, indem die normalen Verhältnisse des Gesammtorganismus stets den vorigen unparteiischen Zustand des Nerven wieder herzustellen streben. Es scheint daher, dass man drei Stadien der Folgen des Reizes unterscheiden muss; die erste Folge ist die schnell eintretende Abstumpfung des Nerven für einen starken und dauernden Reiz, die zweite eine Wiederherstellung seiner Empfänglichkeit, bei welcher jedoch die Spuren der früheren Erregung noch nicht verschwunden sind: dies ist die Periode des Gewöhntseins an den Reiz; der dritte Abschnitt umfasst die Entwöhnung, in welcher der fortschreitende Wiederersatz jene Nachwirkung völlig tilgt. Man hat diese Gegenstände jedoch auch anders aufgefasst. Henle (rat. Pathol. I, 120) hält die vollkommne Wiederherstellung des vorigen Zustandes, also die Entwöhnung, für unmöglich. Es mag sein, dass tiefere krankhafte Erschütterungen des Körpers oft für die ganze Lebenszeit eine einseitige Reizbarkeit zurücklassen; als allgemeiner Grundsatz jedoch liesse sich diese Meinung

nur in dem Sinne scrupulöser und unfruchtbarer Genauigkeit aussprechen, dessen wir in 144 gedacht haben. Sie würde dann jedoch nicht auf die excitirenden Reize nach Henle zu beschränken sein, sondern mit gleicher Nothwendigkeit auch von den deprimirenden, oder von den Folgen jedes Eingriffes überhaupt, gelten müssen. Bleiben wir bei den mässigen Erregungen stehen, auf welchen die normale Function der Nerven beruht, so zeigt uns die Erfahrung kaum irgend einen Fall, in welchem eine angeübte Reizbarkeit des Nerven nicht durch Entwöhnung wieder völlig unmerklich würde.

371. Noch einer andern Reihe von Vorstellungen müssen wir hier gedenken. Sie gründet sich auf die Annahme, dass auch während der Abwesenheit positiver Reize jeder Nerv sich in einem Zustande der Thätigkeit befinde. Man hat Ursache, diesen Satz für den Sehnerven, dessen Reizlosigkeit wir als Finsterniss empfinden, zuzugeben; für alle übrigen Nerven liegt keine empirische Thatsache vor, die zu gleicher Annahme aufforderte, dennoch ist sie aus allgemeineren Gründen nicht unwahrscheinlich. Die äusseren Reize mindern entweder die Grösse dieser fortdauernden Thätigkeit (deprimirende R.), oder sie steigern dieselbe (excitirende R.). Für die letztern nun sucht Henle (a. a. O.) als allgemeine Folgen diese zu begründen: zuerst eine Erregung des Nerven, dann Rückkehr zur Ruhe (d. h. doch wohl Rückkehr zu dem vorhergehenden Grade der Thätigkeit, denn nur so wird das Nächste verständlich, nämlich) drittens Herabgehn der Erregung unter dieselbe, dann Restitution und Steigerung, endlich Beharren auf dem neu erworbenen Grade des Tonus, welcher höher ist, als der am Anfang des ganzen Processes. Zwar nicht überall, wo Henle sie zu sehen glaubt, aber allerdings sehr häufig finden wir Thatsachen, die diesem Bilde entsprechen. Dennoch ist es ganz unmöglich, aus ihnen ein Gesetz für die Thätigkeit der Nerven abzuleiten, was auch Henle nicht, wohl aber eine grosse Menge namentlich der praktischen Aerzte thut. Ein Gesetz verlangt vor allem klar gedachte Beziehungspunkte, zwischen denen es Relationen feststellen soll. Diese fehlen hier, und obgleich es nicht schwer sein würde, ihre Begriffe aufzustellen, so würde es doch fast unmöglich sein, sie auf die Thatsachen anzuwenden. Erregung, Thätigkeit, Steigerung, Tonus

sind Worte, denen kein präciser mechanischer Sinn unterzulegen ist. An dem, was wir zusammengenommen Nervenprocess nennen, sind vielmehr einzelne Punkte als das hervorzuheben, wovon wir mechanisch sprechen können, und leider hängen sogleich diese Punkte von der Hypothese ab, die man der ganzen Nerventhätigkeit zu Grund legt. Angenommen, der Nervenprocess bestehe in Schwingungen irgend welcher Substanz, so würde sowohl die Vermehrung der schwingenden Masse, als die Vergrösserung der Schwingungsweite, oder endlich die Veränderung der Frequenz der Oscillationen der mögliche Effect der Reize sein können. Welcher von diesen drei Erfolgen würde nun das sein, was man grössere Erregung nennt? Nicht allein darauf wissen wir nichts zu antworten, sondern es ist uns auch ganz unbekannt, welche von diesen verschiedenen Veränderungen des Nerven eine Steigerung des vitalen Nutzeffects der Nerventhätigkeit zur Erregung anderer Lebensthätigkeiten mit sich führt. Wenn daher die Aerzte glauben, durch Reizung eines Nerven seine Thätigkeit, seine Kraft, oder die nutzbare Grösse seiner Bewegung zu steigern, so gelingt ihnen das vielleicht nach Anweisungen der Erfahrung, aber sie wissen nicht, was sie thun.

372. Die Physiologie kann, wird man vielleicht einwerfen, ebenso bescheiden sein als die Therapie, und sich begnügen, wenn sie mit dem Reize nur seine letzte Folge für den Nerven zusammenstellen kann, auch ohne klare Kenntniss aller Mittelglieder. Sie mag sich nun allerdings so bescheiden, aber sie darf aus so unvollkommnen Vorlagen kein Gesetz der Nerventhätigkeit entwickeln. Selbst dies ist ein Hirngespinst, dass auch nur eine Steigerung dieser unbestimmten Thätigkeit bleibende Folge excitirender Reize sei. Höchstens dies kann man zugeben, dass wiederholte Reize eine leichtere Erregbarkeit des Nerven zurücklassen, und dies eben ist es, was wir oben als die zweite Periode ihrer Nachwirkung bezeichneten. Aber diese leichtere Angreifbarkeit, die leichtere Störbarkeit eines gegebenen Zustandes hat nichts mit einer Steigerung der Kraft oder der beständigen Bewegung des Nerven zu thun; sie kann ebenso leicht mit der Abnahme beider eintreten, als, wie man sich gewöhnlich vorstellt, mit einer grösseren Spannung und Rüstigkeit verbunden sein.

373. Die momentane Erschöpfung eines Nerven für einen bestimmten Reiz lässt ihm nicht nur Empfänglichkeit für andere Reize übrig, sondern scheint selbst ohne das Eintreten solcher gewisse antagonistische Thätigkeiten in ihm hervorzubringen. Man kann sich vorstellen, dass jede monotone Erregung eines Nerven, der für sehr viele verschiedene Glieder einer Reihe von Eindrücken reizbar ist, eine grössere Störung für ihn bildet und ihn weiter von dem Gleichgewicht seiner Zustände ablenkt, als eine successive Erregung durch mannigfache Reize, die ihn in verschiedenem Sinne und daher grossentheils einander compensirend, verändern. Wenn daher der Sehnerv, lange durch dieselbe Farbe gereizt, nachher statt derselben ihre complementäre Farbe producirt; wenn der Gehörnerv durch einen Ton erregt, einen complementären zwar nicht als wirkliche subjective Empfindung erzeugt, wohl aber eine kaum zu stillende Sehnsucht nach dem Erklingen eines harmonischen Intervalls hervorbringt; wenn endlich in andern Nerven lange Dauer eines Reizes mindestens eine gestaltlose Unruhe und Begierde nach Veränderung erzeugt, so scheinen uns dies verschiedene Abstufungen eines und desselben Processes. Die virtuellen Thätigkeiten des Nerven, die der monotone Reiz, indem er ihn längere Zeit nach einer Richtung hin beschäftigte, darnieder hielt, sammeln sich allmählich, und gewinnen zuletzt in diesen verschiedenen Formen das Uebergewicht über die Erregung durch den Reiz, für welchen sich die Empfänglichkeit fortwährend vermindert.

374. Der Einfluss, welchen die Erregungen verschiedener Fasern, oder verschiedener Nerven aufeinander haben, ist uns wenig bekannt und wir können überhaupt nicht bestimmen wie weit er reicht. Von sensiblen Nerven wissen wir nur, dass jene äussersten Erregungen, auf welchen die Schmerzen beruhen, leicht auf benachbarte Nervenwurzeln übergehn und in der peripherischen Ausbreitung der letztern mitempfunden werden. Ein Einfluss dagegen, welchen die normale, der Function angemessene Erregung auf andere Nerven besässe, scheint nur zwischen den einzelnen Fasern des Opticus zu bestehen. Wir finden hier, dass die Reizung eines Punktes durch eine bestimmte Farbe auch in den umliegenden Punkten die Erzeugung der complementären Farben bedingt, und dass überhaupt Farbe und Helligkeitsgrad

eines wahrgenommenen Punktes oft auffallend durch die hinzutretende Wahrnehmung umgebender Theile abgeändert wird. Allein wir müssen dennoch zögern, diese Erscheinungen sogleich einem gegenseitigen Einflusse der Nervenerregungen zuzuschreiben; obgleich sich nicht nachweisen lässt, wie es geschehe, können doch leicht in dem Baue der Netzhaut Umstände vorhanden sein, welche vielmehr eine ähnliche Wechselwirkung der Reize hervorbringen, deren Producte nun von jeder Faser gesondert und ohne Antagonismus in ihren Thätigkeiten wahrgenommen würden. Die Anstösse, welche motorische Nerven durch sensible und durch andere motorische erfahren, sind früher schon erwähnt worden. Alle unsere Vorstellungen über die Sympathien und den Antagonismus der Nerventhätigkeit werden so lange schwankend bleiben, als die Form des Nervenprocesses selbst unbestimmt ist. Sie gestalten sich ganz anders, je nachdem man diesen in einer fortgeleiteten Erschütterung oder in der Strömung einer Masse bestehn lässt. (Vgl. Lotze, allg. Pathol. u. Therapie. §. 13.). Gewöhnlich pflegt man nur den Gedanken einer positiven Anregung einer Function durch eine andere zu hegen; Ed. Webers Entdeckung, dass durch Reize des Vagus die Bewegung des Herzens aufgehoben und seine Muskelsubstanz in einen Zustand der Erschlaffung versetzt wird, hat zuerst wieder den andern Fall, dass Erregung des einen Nerven die des andern mindern könne, durch ein thatsächliches Beispiel nachgewiesen. Die vielen Annahmen, welche die praktische Medicin über die Möglichkeit hat, die Erregung einer Thätigkeit, selbst die einer ganzen Nervenprovinz durch Reizung oder Herabstimmung einer andern sympathisch oder antagonistisch zu steigern, zu mindern oder zu verändern, können im günstigsten Fall auf Erfahrungen beruhen; bestimmter zu fassende Ausbeute für die Physiologie gewähren sie nicht.

FÜNFTES KAPITEL.

Vom Zusammenhang der physiologischen Processe.

---

§. 32.

Von den Quellen des Stoffverbrauchs.

375. So lange wir die Vorgänge des Lebens einzeln betrachteten, war es nicht selten möglich, die Kräfte nachzuweisen, von denen sie bewirkt werden. Der allgemeinen Physiologie läge es jedoch ob, auch von der Zusammenfassung dieser einzelnen Hilfsmittel zu dem Ganzen des Lebens Rechenschaft zu geben und zu zeigen, welcher gegenseitige Zusammenhang der Unterstützung und Hemmung, der Aufopferung und des Gewinns eine Zeit hindurch die Selbsterhaltung, aber ebenso gewiss die allmähliche Zerstörung des organischen Massensystems herbeiführt. Es würde thöricht sein, eine Lösung dieser Aufgabe zu versprechen; unberechenbare Schwierigkeiten gestatten nur wenige Bruchstücke dieses Räthsels zu lösen. Wäre uns von irgend einer zusammengesetzten Maschine auf das Genaueste die Art und Grösse ihrer Leistung, ihr Bedarf an bewegenden Kräften bekannt, stände ihr innerer Bau vollkommen für unsere Anschauung offen, wüssten wir endlich die natürliche Vergänglichkeit ihres Materials zu schätzen, so bliebe es noch immer eine schwierige Aufgabe, aus diesen Vorlagen den dynamischen Zusammenhang ihrer Theile, die Bedingungsgleichungen ihrer Ruhe und Bewegung, die Dauer ihrer Leistungsfähigkeit, den Hergang und Zeitpunkt ihrer endlichen Zerstörung zu bestimmen. Nur deswegen mag dem Sachverständigen diese Aufgabe minder schwierig scheinen, weil eine Menge von Analogien, aus der gewohnten Betrachtung anderer Maschinen entlehnt, und die vorhergehende Kenntniss der technisch üblichen Constructionsweisen ihn hier in der Beurtheilung unterstützt. Weder jene Vorlagen noch diese Vortheile stehen uns in der Physiologie zu Gebot. Die Leistungen eines organischen Körpers sind so vielfach, dass nicht nur ihr Mass, sondern auch ihr Dasein sich häufig der Beobachtung entzieht; so mannigfaltig

sind die glücklichen Ausgleichungen seiner Störungen, dass es schwer fällt, seinen Bedarf an Wiederersatz zu schätzen, und damit fehlt uns zuerst die für jede Beurtheilung eines Haushalts unerlässliche Vollständigkeit der Thatsachen. Dass ferner auch nur ein anschaulicher Ueberblick des innern Getriebes, ganz abgesehn noch von seinem dynamischen Zusammenhange, uns nicht verstattet ist, brauchen wir ebenso wenig zu erweisen, als dass die Analogien, die wir von technischen Apparaten entlehnen, stets nur untergeordnete Anhaltpunkte für die Beurtheilung der so wesentlich anders gestalteten organischen Maschinen gewähren können.

376. Wir müssen deshalb unsere Aufgabe theilen, und obgleich es uns um das Ineinandergreifen aller organischen Processe zu einem Ganzen zu thun ist, doch zunächst einzelne Gruppen derselben betrachten, deren verhältnissmässige Selbstandigkeit sie einige Schritt weit für sich verfolgen lässt. Unter ihnen gewähren jene chemischen Vorgänge, durch welche der lebendige Körper in dem Bestande seiner Masse und Mischung einige Zeit unverändert erhalten wird, einen natürlichen Ausgangspunkt. Doch keinen, der nicht schon von Schwierigkeiten umgeben wäre. Denn nicht nur die blosse Messung der Stoffströmung zwischen Organismus und Aussenwelt ist unvollkommen genug, sondern unsicher vor allem die Gesichtspunkte, nach denen ihre Ergebnisse in ihrem Werth für das Leben abzuschätzen sind. Von den Fragen, die hier aufgeworfen werden müssen, welches die Quellen des Verbrauchs, welches die Grösse des nothwendigen, welches die des wirklichen Ersatzes sei, durch welche Mittel der letztere herbeigeschafft werde, wie sich ferner der Organismus des Ueberflusses entledige, den Mangel ersetze, ungeeignete Beschaffenheit endlich des Angebotenen dennoch benutze oder ausgleiche: von allen diesen Fragen ist keine mit erträglicher Genauigkeit lösbar. Um so mehr müssen wir gerade zusammenstellen, was über sie gesagt werden kann, um so weniger dagegen hat es Interesse, bestimmte Grössenangaben über die wirkliche Ein- und Ausfuhr der Stoffe zu suchen, oder sie für etwas Anderes anzusehn, als für Mittel, irgend einer Vermuthung mehr Wahrscheinlichkeit zu geben als einer andern.

377. Unter den Quellen des Stoffverbrauchs kann als die erste die freiwillige Zersetzung der organischen Substanzen

betrachtet werden. Dürften wir als Massstab dieses Verbrauchs die Masse deutlicher Zersetzungsproducte ansehn, die mit völliger Aufgebung des chemischen Characters der lebensfähigen Körper sich aus dem Organismus entfernen, so wäre es vielleicht möglich, die Grösse dieses Processes zu schätzen. Müssen wir jedoch zu ihm auch solche Veränderungen rechnen, die ohne deutliches Zerfallen der Stoffe doch ihren physiologischen Werth und ihre Leistungsfähigkeit vermindern, so können wir zwar voraussetzen, dass diese häufig sehr rasch eintreten und unverweilten Ersatz nöthig machen, sind aber ganz ausser Stande, die Grösse dieser Vorgänge zu schätzen. An und für sich zeigen wenigstens die wichtigeren Bestandtheile der organischen Körper keine Neigung zur Zersetzung; die Art vielmehr, wie Wasser, Wärme und Sauerstoff auf sie einwirken, entscheidet über die Geschwindigkeit und Richtung der Zerfällung. Vor äusserer Feuchtigkeit geschützt, oder der innern durch rasche Verdunstung entledigt, conservirt sich die organische Substanz lange, und nicht nur Pflanzentheile mit ihrer grossen Verdunstungsoberfläche, sondern unter günstigen Umständen, wie sie in einigen berühmten Begräbnissstätten vorkommen, auch saftreiche massenhafte Thierkörper können dieser Mumification unterliegen. Im lebendigen Körper trocknen jedoch nur wenige Theile, und auch diese nur, wie die Samenkapseln, nach dem Aufhören ihrer Lebensthätigkeit, so völlig aus, dass sie dadurch der Zersetzung entzogen werden; die grösste Masse der Organismen bleibt stets feucht genug, um durch die chemischen Gegenwirkungen ihrer Theilchen sich freiwillig umzugestalten. Sie scheinen jedoch diesem Schicksal in sehr verschiedener Art zu unterliegen.

378. Die Beobachtung der gewöhnlichen Fäulniss saftreicher thierischer Theile hat eine viel zu bedeutende Geschwindigkeit der freiwilligen Zersetzung annehmen lassen und deswegen folgerecht auf die Wirksamkeit einer besondern Kraft geführt, welche während des Lebens die Neigung der Bestandtheile zum Auseinanderfallen zügele. Ueberlassen wir uns aus Mangel bestimmter Messungen der Fäulnissgrösse dem unmittelbaren Eindrucke der Beobachtung, so macht in einem frisch getödteten gesunden Thierkörper im Schatten und bei mittler Sommertemperatur die Zersetzung wenigstens in den festen Theilen am ersten Tage nur

unmerkliche Fortschritte, während das Blut allerdings einer etwas rascheren Verderbniss unterliegt. Wir würden demgemäss die Masse, die der lebende Körper täglich durch freiwillige Zersetzung verliert, nur höchst unbedeutend annehmen müssen, denn sie kann nur den ersten Schritten der Fäulniss nach dem Tode entsprechen, da im Leben regulirende Processe stets wirksam sind und die Anhäufung der Zersetzungsmassen hindern, die in dem todten Körper gewiss Ursache einer raschen Steigerung des Zerfalles sind. Anderseits freilich befinden sich die Bestandtheile des Lebendigen in ungünstigeren Verhältnissen als die des Todten; sie sind nicht nur von einer höhern Temperatur völlig durchdrungen, als sie der Leichnam jemals von der Umgebung annimmt, sondern auch dem zersetzungserregenden Einfluss des Sauerstoffs sind sie durch die Circulation weit mehr ausgesetzt. Beide Bedingungen, könnte man sie am Leichnam nachahmen, würden seine Fäulniss sehr beschleunigen. Allein gerade diesen beiden Bedingungen unterliegt der Thierkörper nicht zufällig, sondern sie werden ihm planmässig durch die Function des Athmens zugebracht. Jenen gewiss nicht unbedeutenden Betrag des Stoffwechsels daher, der auf ihrer Wirksamkeit beruht, können wir nicht eigentlich als freiwillige Zersetzung in Anschlag bringen; auch mag er sich sehr wenig auf die geformten Elemente des Körpers, weit mehr auf benutzbare Materialien beziehn, die ihm eben nur zum Zwecke der Wärmeerzeugung zugeführt werden. Wir können daher die freiwillige Zersetzung der Körpermasse nur als sehr gering betrachten und so erscheint sie auch während des Winterschlafs und der Erstarrung mancher Thiere, wo sie doch immer noch nicht von aller Abnutzung der Theile durch die in geringer Intensität fortgehenden Lebensverrichtungen geschieden ist.

379. Von dieser zweiten Quelle des Verbrauchs, der **Abnutzung** durch die Function, ist in der Physiologie so häufig die Rede, dass man eine genauere Kenntniss derselben erwarten sollte. Aber schon dies ist zweifelhaft, wo überall sie im Körper vorkommt. Es ist schwer, sich eine Vorstellung von einer Abnutzung zu machen, der etwa die Knochen und Sehnen durch ihre Function unterliegen könnten; dennoch werden beide ernährt, obgleich die letztern arm an Blutgefässen sind. Ihre be-

ständige Theilnahme an den vegetativen Processen kann verschiedene, fast gleich unwahrscheinliche Gründe haben. Entweder ihre Substanz unterliegt unter den Bedingungen, unter denen sie sich im lebendigen Körper befindet, einer langsamen spontanen Zersetzung, die einen beständigen Wiederersatz verlangt; oder die Function erschüttert doch den Zusammenhang ihrer Massen mehr als wir glauben in einer solchen Weise, dass eine chemische Regeneration derselben nöthig wird; oder endlich ein Stoffwechsel, dessen sie für gewöhnlich nicht bedürfen, ist ihnen zur Heilung ungewöhnlicher Störungen prophylaktisch zuertheilt. Kaum wird sich jemals eine dieser Annahmen bestimmt erweisen lassen, gewiss aber irren wir, wenn wir eine Grösse des Umsatzes, die unter krankhaften Verhältnissen auftritt, als einen natürlichen Vorgang des gesunden Zustandes ansehn. So wie das Blut, aus einer durchschnittenen Ader strömend, eine ganz andere Geschwindigkeit erlangt, als es in dem unverletzten Kanale besitzen konnte, so können überhaupt unter pathologisch veränderten Umständen Processe hoch anwachsen, die unter gesunden Verhältnissen äusserst geringfügig blieben. Daher kann ich der Annahme Vierordts (Wagner, HWBch. II, 858.) nicht beistimmen, der einen vorzüglich starken Stoffwechsel in der Substanz der Lungen durch die rapide Entstehung und Rückbildung vieler Lungenkrankheiten und durch die erstaunend schnelle Heilung einfacher, mit keinen gefährlichen Complicationen verbundener Lungenwunden zu beweisen sucht. Diese Thatsachen zeigen streng genommen nur, dass eben während der Heilung dieser Störungen jene bedeutende Grösse des Stoffwechsels stattfindet, und dass in der Structur und dem Blutreichthum der Lungen die nöthigen Bedingungen zu diesem heilsamen Anwachs virtuell schon vorher gegeben sein mussten; aber sie lassen ganz unentschieden, ob der Stoffwechsel actuell schon diese Beschleunigung besass. Die Function der Lungen, die für unsere jetzigen Begriffe weit mehr nur ein Gerüst für die Berührung des Bluts mit der Luft, als ein selbstthätiges Organ bildet, macht die letztere Annahme wenig wahrscheinlich. Aus gleichen Gründen kann kein Process der Regeneration nach zufälligen Verletzungen, in welchem Theile er auch vorkommen möge, als Massstab für die Grösse des Stoffwechsels im unverletzten Zustande gelten.

380. Directe Beobachtungen über den Substanzverlust der Organe durch ihre Function können wir begreiflicher Weise nur äusserst wenige besitzen. Durch Abstossung oberflächlicher Schichtbildungen, der Epidermis, vieler Epitelien, der Haare, Nägel, entsteht allerdings ein nicht unbeträchtlicher Verbrauch von Stoffen, aber in Theilen, deren Function eine sehr passive ist. Ihnen schliessen sich drüsige Organe an, die wie die Labdrüschen des Magens einen Theil ihrer Substanz für ihre Function aufzuopfern scheinen; und manches der Art, Zerstörung älterer Formbestandtheile und Nachbildung neuer, können wir auch in andern vegetativen Organen vermuthen, ohne dass jedoch ein bestimmter Nachweis dieses Verhaltens möglich wäre. In den eigentlich animalischen Theilen, den Nerven und den Muskeln, ist ein Verbrauch einmal geformter Elemente und Ersatz derselben durch neue Bildungen im höchsten Grade unwahrscheinlich. Zwar würden für das erste dieser Systeme die Nervenzellen mit ihren Ausläufern einen Ansatz neuer Fasern darstellen können, allein ihre wirkliche Entwicklung zu solchen im spätern Leben ist durch Nichts glaublich gemacht; Neubildungen von Muskelfasern aber, wenn sie irgend in einem der Grösse der Function entsprechenden Grade der Häufigkeit vorkämen, müssten wohl ein ganz deutlicher Gegenstand der gewöhnlichsten Beobachtung sein. Diese Umstände hindern nicht, dennoch einen sehr bedeutenden Stoffwechsel in beiden Organen anzunehmen, der sich freilich nur auf die parenchymatöse Substanz beziehen würde, welche in der häutigen Umhüllung der Nerven und Muskelfasern als der wirksame Bestandtheil abgelagert ist. Auch diese Annahme lässt sich jedoch nicht mit Sicherheit gegen die andere vertheidigen, welche überhaupt die geformten Gebilde des animalischen Lebens allen Veränderungen entnommen, und alle Zersetzung auf die flüssigen Bestandtheile gehäuft glaubt, die überall die festen durchdringen und eben im Moment ihrer Zersetzung diesen die Anstösse zu einer Veränderung ihrer Molecularzustände ertheilen. In der That lässt sich nach beiden Ansichten die Entstehung der Secretionsproducte erklären, die man mit Wahrscheinlichkeit auf die Abnutzung durch die Function der Muskeln beziehen darf, nämlich die nach angestrengter Bewegung beobachtete Vermehrung der Kohlensäureausscheidung aus den Lungen (Vierordt, Wag-

ners HWBch. II, 886.), die des Harnstoffs, der Milchsäure und vielleicht, von Oxydation des Schwefels eiweissartiger Körper herrührend, der schwefelsauren Alkalien im Harn (Lehmann). Als ein Massstab für den Verlust durch spontane Zersetzung und Abnutzung zusammen kann die Harnstoffmenge gelten, die Thiere bei längerem Hunger aussondern. Sie beträgt nur $^1/_4$ bis $^1/_6$ der Ausscheidung bei gewöhnlicher Ernährung.

381. Zu diesen beiden Quellen des Stoffverbrauchs, deren Grösse wir so wenig zu schätzen vermögen, kommt noch eine dritte, leicht möglich die bedeutendste von allen. Die Functionsfähigkeit des Körpers verlangt ausser den Substraten, die etwa unmittelbar durch die Function selbst consumirt werden, noch Nebenbedingungen, die gleichfalls durch den Verbrauch beihelfender Stoffe gewonnen werden müssen. Unter ihnen ist die Wärmebildung, deren wir später noch gedenken, die wichtigste, wahrscheinlich jedoch nicht die einzige. Die Menge der Masse, die zu diesem Behuf ausschliesslich den Körper durchkreist, lässt sich ebenso wenig bestimmen; denn obgleich Kohlensäure das wesentlichste Product ihrer Umwandlung ist, so ist doch nicht zu bestimmen, in welchem Masse zur Aussonderung dieses Gases auch die geformte Substanz des Körpers mitwirkt. So ist es denn allenthalben unthunlich, das Gewirr von Ausscheidungsproducten, die sich gleichzeitig aus dem Körper entfernen, auf die verschiedenen Quellen des Verbrauchs zu vertheilen, und diese Schwierigkeit wächst noch, weil die eigenthümlichen Verhältnisse des Organismus, wie wir weiter finden werden, uns keinen allgemeinen Schluss von der Menge des Verbrauchs auf die des nöthigen Ersatzes erlauben.

382. Unsere bisherigen Bemerkungen galten den Thieren. Wir wollen nicht einzeln wiederholen, dass, was bei ihnen ungewiss war, es ebenso bei den Pflanzen ist. Aber auch im Allgemeinen erscheint der Stoffverkehr der letztern anders geartet. Man kann zweifeln, ob es in ihnen überhaupt einen Verbrauch durch freiwillige Zersetzung oder durch Functionen gibt, und ob nicht lediglich Zufuhr um des Wachsthums willen, und Ausscheidung von Nebenproducten stattfindet, die bei der Assimilation der Nahrung abfallen. Ich kann dieser Meinung nicht beistimmen, sofern sie eine grössere Unveränderlichkeit der einmal ge-

bildeten Bestandtheile während des Lebensprocesses annimmt, als sie sich bei den Thieren findet. Einen völlig indifferenten Weg, durch welchen der Nahrungssaft nur zuströmte, bilden ohne Zweifel Stengel und Stiele der Pflanzen für ihre Blätter, Blüthen und Früchte nicht, sondern der aufsteigende Saft unterliegt in ihnen, so wie in diesen, einer allmählichen Verarbeitung in dem Innern der Zellen, die ihn eben in jedem Zeitpunkte des Bildungsprocesses zum geeigneten Material bald für diese, bald für jene eigenthümliche Entwicklung macht. Dieser assimilirende Einfluss der Zellen auf die Säfte ist kaum ohne eine fortdauernde Veränderung auch ihrer eignen Zusammensetzung denkbar, die demgemäss zur längeren Fortsetzung ihrer Function auch eines Wiederersatzes bedarf. So wie ja das Wasser von der Pflanze fortwährend aufgenommen und wieder ausgehaucht wird, so scheinen auch veränderliche zersetzbare Stoffe nöthig, um auf ihrem Wege durch den Pflanzenkörper zum Ersatz des früher Verbrauchten zu dienen, und dann nach Leistung dieses Dienstes durch ihre weitere Umwandlung ebenfalls zu Secretionsproducten zu werden. Wohl möglich, dass diese fortdauernde Umsetzung auf die flüssigen oder halbflüssigen Bestandtheile des Zelleninhalts beschränkt bleibt, während das feste Gerüst des Cellulosenskeletes entweder überhaupt unverändert bleibt, oder ausser den Incrustationen durch abgelagerte Stoffe nur solche Umwandlungen erfährt, die in dem Lebensplane der Pflanze keiner Wiederherstellung bedürftig sind.

383. Hierin nämlich liegt allerdings ein Unterschied des vegetabilischen und des thierischen Lebens, dass das erste successiv eine Reihe von Bildungszuständen durchläuft, während nur das letzte eine vollendete Gestalt längere Zeit hindurch in gleichzeitiger Vollständigkeit beisammen zu halten bestimmt ist. Im Thierkörper muss daher das Verbrauchte entfernt und durch neuen Zuwachs wieder ersetzt werden; im Pflanzenkörper kann möglicherweise jedes durch einen Moment des Lebensprocesses veränderte Material als die nun gerade erst passend gewordene Grundlage für die differente Entwicklung des nächsten Moments beibehalten werden. Obgleich daher in mechanischem Sinne hier ebenso wie in den Thieren eine freiwillige Zersetzung und eine Abnutzung durch die Function stattfinden mag, so ist doch die aus

beiden entspringende Umgestaltung der Lebensprocesse nicht ein zu vermeidendes Uebel, wie in den Thieren, sondern gerade die Entwicklung, der sich die Pflanze ihrer Bestimmung gemäss überlassen soll. Ein vollständiger Wiederersatz alles Veränderten in der Grösse und chemischen Qualität, in der es vorher da war, würde die allmähliche Entwicklung der Pflanze daher ganz unmöglich machen; umgekehrt aber, wenn man, ohne den augenblicklich gegebenen Bestand des Pflanzenkörpers zu ändern, ihm irgendwie das weitere Wachsthum abschneiden könnte, so würde er durch die Gegenwirkungen der in dieser beständigen Umgestaltung begriffenen Molecule faulend zu Grunde gehn. Ungestaltete Secretion nach aussen ist die Zuflucht des Thierkörpers, durch die er sich vor dieser inneren Zerstörung rettet, beständiges Wachsthum die Flucht, durch welche die Pflanze diesem Schicksal ebenso entgeht, wie der Planet durch seine Tangentialgeschwindigkeit sich vor dem Zuge nach dem Centrum der Gravitation bewahrt. Pflanze und Thier unterscheiden sich in dieser Beziehung gewissermassen nach den Principien der Juxtaposition und der Intussusception. Die Pflanze hat die Festigkeit oder die Geschwindigkeit der Selbsterhaltung nicht, die zur Fortdauer eines und desselben Gebildes erforderlich wäre; die angefangenen Processe der Entwicklung eilen, obgleich mit sehr verschiedener Raschheit, zu einem Schlusspunkt, über den hinaus die Lebensfähigkeit wieder zu Grunde geht. Die Pflanze erhält sich daher, indem sie stets von neuem andere, ebenso vergängliche Glieder *neben* einander entwickelt; das Thier dagegen weiss jene Bildungsprocesse, wenn sie ihr Product erreicht haben, zu einer gleichschwebenden Fortdauer zu nöthigen, indem es der fortwährenden Vergänglichkeit desselben durch eine unablässige Correction im *Innern* der kleinsten Theile begegnet.

§. 33.

Vom Wiederersatz der Stoffe.

384. Der Gesammtverlust, den ein Thierkörper in einer bestimmten Zeit erleidet, steht zu der Dauer derselben in gar keinem festen Verhältnisse, sondern ist überhaupt jeder gesetzlichen Formel entzogen. Die Zersetzbarkeit der Bestandtheile

wechselt nach mancherlei wandelbaren Bedingungen, die Abnutzung durch die Function nach den regellosen Zumuthungen, welche die äussere Welt oder die Thätigkeiten der Seele stellen; mit dem allen wechselt das Bedürfniss des Ersatzes. Dass der Organismus zwar nicht stets erfolgreich, aber doch mit so grossem Glück diese Schwankungen ausgleicht, haben frühere Ansichten einer Lebenskraft beigemessen, die mit bewusstloser Intelligenz und ungehemmter Disposition über alle zweckmässigen Mittel das Nöthige und Hinreichende in jedem Falle verfügte; wir haben dieselbe Thatsache aus demjenigen Zusammenwirken physischer Kräfte zu erklären, zu welchem die gegebenen Verhältnisse in jedem Falle führen müssen. Die Compensation regelloser Störungen kann aber im thierischen Körper auf drei verschiedenen Wegen geschehen, die wir schon hier, obgleich sie sich nicht auf den Ersatz von Stoffen allein, sondern auf die Ausgleichung jeder Gleichgewichtserschütterung überhaupt beziehn, sorgfältig unterscheiden müssen. Die Wiederherstellung geschieht nämlich entweder unmittelbar durch die Wechselwirkung jedes veränderten Theils mit dem seinen Kräften erreichbaren Theile seiner Umgebung, ohne dass ein besonderer regulatorischer Apparat mitbedingend eingriffe; oder sie geschieht durch die organisirte, dem Plane des Lebens angemessene Verknüpfung vieler Molecule zu einem regulirenden System; oder endlich sie nimmt noch ein höheres Mittelglied zu Hilfe, psychische Processe nämlich, die angeregt von physischen Veränderungen zu andern physischen Rückwirkungen drängen, welche ohne ihre Vermittlung von jenen nicht ausgelöst worden wären.

385. Ich glaube, dass es eine Untersuchungsmaxime der allgemeinen Physiologie sein muss, die unmittelbaren Compensationen der ersten Gattung überall als die natürlichsten und wahrscheinlichsten anzusehen und von ihnen erst da abzugehen, wo ihr Ungenügen gebieterisch die Mitwirkung organischer, namentlich nervöser Lenkung der Processe verlangt. Wo derselbe Erfolg ganz gleichmässig durch die physische Elasticität eines Gewebes und durch die organische Contractilität eines anders gebauten erreichbar wäre, würde ohne Zweifel die Natur das erste Mittel wählen, denn es enthält eine Kraft, die der Masse in ihrem Baue von selbst zukommt, und deren Unterhaltung keine organi-

sche Anstrengung erfordert; die Contractilität dagegen ist ein Mittel, das nur durch Aufwand von Innervation und nie ohne alle Abnutzung des Materials herstellbar ist. Nennen wir vitale Kräfte alle diejenigen Fähigkeiten der Gewebe, welche ihnen nur durch die beständige Fortarbeit und Aufopferung des Organismus zukommen, so werden wir es als ein Gesetz der Sparsamkeit aufstellen können, dass die organische Natur möglichst wenig mit vitalen Kräften, so viel als möglich dagegen mit rein physischen zu bestreiten suche. Hiervon ist die Anwendung auf die Compensation der mannigfachsten Störungen, besonders die der Massenverhältnisse des thierischen Körpers leicht zu machen. Wir nehmen den Körper zunächst als ein Massensystem von bestimmtem Baue und eigenthümlicher gegenseitiger Lagerung der chemisch differenten Theile an, durchdrungen überdies von gleichförmig und rhythmisch fortgehenden Bewegungen, durch welche der Verkehr einzelner beweglicher Massentheilchen beständig in demselben Sinne abgeändert wird. Wirkt auf ein solches System irgend eine störende Kraft ein, oder wird, um uns enger an unsere gegenwärtige Frage zu halten, der Bestand an Masse in ihm örtlich vermehrt oder vermindert, so besteht die rein physische Compensation darin, dass diese Störung ohne besonderes Eingreifen eines regulirenden Organs alle jene angeführten Umstände so abändert, dass aus den nun eintretenden Verhältnissen der chemischen Anziehung, des mechanischen Druckes, der neuen gegenseitigen Lage sich als nothwendige Folge die Entfernung der störenden Einwirkung und die Herstellung des vorigen Gleichgewichts ergibt.

386. Zwar auch bei dieser unmittelbaren Compensation sind schon vitale Kräfte mitthatig; ohne die Circulation z. B. die zuletzt von der Innervation des Herzens und der Contractilität seiner Muskelsubstanz ausgeht, würden wenige Ausgleichungen zu Stande kommen. Aber diese vitale Thätigkeit wird hier doch nur als eine gleichförmig fortgehende vorausgesetzt, und um die Schwankungen des Körperzustandes zu überwinden, braucht sie nicht selbst in Schwankungen ihrer Grösse zu gerathen. Eine mittelbare vitale Compensation dagegen tritt ein, wo die Summe der beständigen Verhältnisse des Korperbaues und seiner beständigen Bewegungen zur Ausgleichung nicht hinlänglich ist, sondern eine

bald qualitativ modificirte, bald der Grösse nach gesteigerte Mitwirkung jener lebendigen Organe nöthig wird, die eben in einem solchen Moment aus nur bewegungsunterhaltenden Mitteln in die Stellung regulirender Centralorgane übergehen. Zu diesem Falle gehören die so sehr häufigen Veränderungen der Circulation, die als vitale Compensationsmittel zwar oft viel mächtiger sind, als alle blos physischen, aber auch stets für den Organismus erschöpfender, da sie eine Kraft verbrauchen, die er durch seine Lebensfunctionen erst erzeugen und wieder ersetzen muss. Beide Methoden der Ausgleichung kommen nun fast überall, bald diese bald jene vorwiegend, zusammen vor; obgleich wir sie daher hier im Begriffe trennten, müssen wir sie doch in der Anwendung zusammenfassen und behalten uns eine abgesonderte Betrachtung der regulirenden Thätigkeiten für später vor. Die Aufgabe aber, die wir uns stellen, besteht nicht darin, ein deutliches und vollständiges Bild jener Oekonomie des Stoffwechsels zu entwerfen, die aus ihrem Zusammenwirken hervorgeht; diese Frage ist noch für lange unlösbar; um sie lösbar zu machen, haben wir vielmehr eben erst die Wege zu suchen, auf denen irgend eine Störung des Organismus auf andere Theile nachwirkt, um sie zu ausgleichenden Rückwirkungen zu veranlassen; dem Hebelmechanismus wollen wir nachforschen, dessen Berührung an einem Ende vermöge eines Hypomochlium, dessen Lage wir bestimmen müssen, einen Ausschlag am andern Ende zu erzeugen vermag.

387. Um dies vollständig zu thun, müssen wir mit einem Worte noch der mittelbaren Compensation durch Hilfe psychischer Processe gedenken. Sie kommt hauptsächlich in Betracht, wo Lebensreize nicht unmittelbar auf den Körper einwirken, sondern aufgesucht sein wollen. Ich habe nicht nöthig zu schildern, wie Sinnesempfindungen und willkührliche Bewegungen dazu dienen, Nahrungsbedürfnisse zu befriedigen. Wohl aber müssen wir eine neue Arbeit erwähnen, die dem Thierkörper aus dieser psychischen Mithilfe entspringt. Hunger und Durst, der sinnliche Wohlgeschmack der Speisen sind gewiss sehr mächtige Mittel, zur Befriedigung der körperlichen Bedürfnisse zu reizen, aber sie sind nicht ebenso empfindliche Skalen der Bedürfnisse selbst. Die Veränderung, welche die Einfuhr der Nahrung in den Körper

bewirkt, theilt sich dem Ganzen nicht so schnell mit, dass die Sättigung den Trieb sofort in Abneigung verwandelte. Im Allgemeinen wird daher das Thier, wo es ihm möglich ist, mehr Nahrung einnehmen, als es bedarf, und daraus erwächst dem Organismus die Last, auch dieses Ueberflüssigen sich durch besondere Arbeit wieder zu entledigen. Dies führt uns nun auf unsere nächste einfachste Frage, wie nämlich der Organismus Ueberschuss und zu geringe Menge sonst adäquater Zufuhr ausgleiche.

388. Den Pflanzen kommt hier eine schon früher erwähnte Eigenthümlichkeit ihres Lebensplans zu Gute; der Nachtheil überschüssiger oder mangelnder Zufuhr wird in gewissen Grenzen durch Schwankungen der Vegetationsgrösse ausgeglichen. Wir sehen sie bei langer Trockenheit geraume Zeit hindurch auf der bereits erreichten Stufe der Entwicklung fast still stehen, bei plötzlich wachsendem Ersatze dies Uebermass zu beschleunigter Hervorbringung immer neuer Gebilde verwenden. Der thierische Körper zeigt ähnliche Erscheinungen selbst während der Zeit seines Wachsthums in viel geringerem Masse; seine Entwicklung kann zwar durch Mangel genügender Nahrung gehemmt werden, allein sie bleibt dann auch meist für die Folgezeit verkümmert. Einmal ausgebildet kann er natürlich weder durch Verringerung noch durch Vermehrung seines Wachsthums sich von den Folgen ungleichförmigen Ersatzes befreien. Zwar vermag er durch Ruhe zum Theil die Missstände des Mangels, durch grössere Anstrengung und dem zufolge grössere Abnutzung die der Ueberfüllung zu mässigen, doch reichen diese Ausgleichungsmittel nicht aus, da sie nur durch das Mittelglied des Willens hindurch, nicht mit der Stetigkeit und Sicherheit mechanisch bedingter Processe wirken. Auch solche fehlen dem Organismus nicht, obgleich unsere Kenntniss hier so grosse Lücken hat, dass wir viel leichter die möglichen Standpunkte der Betrachtung, als die Thatsachen auffinden können, die sich ihnen naturgemäss unterordnen.

389. Bedeutendes Uebermass zugleich eingeführter Nahrung bringt allerdings einen längern Mangel des Reizes zu erneuter Aufnahme hervor; die augenblicklichen Nachtheile der plötzlichen Ueberfüllung bleiben jedoch noch besonders zu überwinden. Ein Theil des Ueberschusses auch der wirklich assimilirbaren Stoffe wird durch die beständigen Bewegungen des Darmkanals mit den

unbenutzbaren Resten sofort wieder entfernt, ohne in das Innere des Körpers überzugehen. Aber ein sicherer Schutz gegen Ueberfüllung würde hierin nur dann liegen, wenn der chemische Einfluss, durch den der Organismus die Verflüssigung und Absorption der Nahrung vermittelt, auf einer Verwandtschaft nach festen Aequivalenten beruhte. Schiede Magen und Darm stets eine dem Bedürfniss des Ganzen entsprechende Menge digestiver Säfte mit bestimmter Sättigungscapacität ab, so würde nur einer eben so bestimmten Menge assimilirbaren Stoffes der Uebergang in das Blut möglich sein. Dürfen wir jedoch von den künstlichen Verdauungsexperimenten auf die umgestaltende Kraft dieser Secrete während der lebendigen Verdauung schliessen, so erstreckt sie sich obwohl nicht unbeschränkt, doch augenscheinlich auf eine viel grössere Menge assimilirbarer Stoffe, als dem Körper für einmaligen Ersatz nöthig ist. Doch ist ihre Wirkung bekanntlich langsam, und es könnte sein, dass sie während der Zeit, die der Nahrung durch die Bewegungen des Darms zum Aufenthalt an den aufsaugenden Stellen der Schleimhaut gestattet wird, nur eben auf eine geringere Quantität von Stoffen, die dem nothwendigen Ersatz nahe kommt, sich ausdehnte. Ob die eigene Menge jener Secrete stets dem Nahrungsbedürfniss des ganzen Körpers angemessen ist, wissen wir ebenfalls nicht; aber es ist wahrscheinlich, dass sie durch nervöse Anreize, theils der Ganglienнerven theils der Zweige des N. vagus jenem Bedürfniss accommodirt werde.

390. Da die Aufnahme gelöster assimilirbarer Stoffe in das Blut durch enosmetische Anziehung geschieht, so würde eine genaue Deckung des Bedürfnisses und Abwehr jedes Ueberschusses noch einmal dadurch bewirkt werden können, dass ein Sättigungspunkt des Blutes mit der Aufnahme des nothwendigen Ersatzes erreicht würde, und seine Anziehungskraft gegen das Uebrige hierauf erlösche. In wieweit dieses Verhältniss stattfinde, lässt sich nicht bestimmen; doch scheint es allerdings vorzukommen. Absorbirbares Eiweiss und Zucker finden sich nicht selten in den Darmexcrementen, noch bestimmter scheint das Fett nur in gewissen Mengen von den aufsaugenden Gefässen aufgenommen zu werden. Aber es gibt zu viele bestimmte Erfahrungen über die Möglichkeit einer Ueberfüllung des Blutes mit plastischen Stoffen,

als dass wir diese Abwehr für eine allgemeine und genügende Einrichtung halten könnten. Wir müssen daher zugeben, dass ein Ueberschuss an Nahrung allerdings in das Blut gelangen kann, und dass sich der Körper erst durch Secretionen seiner wieder entledigt. Die scheinbare Unzweckmässigkeit dieses Umstandes kann leicht durch eine nothwendige Rücksichtsnahme auf die Ungleichförmigkeit der Nahrungszufuhr bedingt sein; auch ist es wohl möglich, dass die Aufnahme eines Ueberschusses, obgleich er als Stoff unnütz ist, doch durch die chemischen Processe, die er während seiner Wiederzersetzung entwickelt, z. B. durch Wärmebildung, einen für das Leben förderlichen Dienst leistet.

391. Die Wiederentfernung des Ueberschusses geschieht in mehreren Formen. In geringer Ausdehnung kann auch der Thierkörper sich seiner durch Vermehrung einiger ziemlich indifferenten Productionen entledigen. Das Wachsthum der Haare, lebhaftere Vegetation der Epidermisgebilde kann einen Theil desselben verzehren; gegen die Anhäufung eines andern Theiles, wie der Fette, ist das Gleichgewicht des Körpers nicht empfindlich; copiösere Absonderungen von Schleim, häufig bei Ueberfütterung von Kindern zu beobachten, entfernen eine Menge von Stoffen ziemlich unverändert; krankhafter Weise endlich, aber doch für den Moment eine Ausgleichung darbietend, lagern sich andere in den Interstitien des lebendigen Gewebes ab: das wesentlichste Mittel der Compensation bleiben jedoch die Secretionen, welche das überschüssige Material in seine Bestandtheile zersetzt oder in einfachere Formen umgewandelt, in die Aussenwelt entleeren. Welchen Process wir aber auch ins Auge fassen, er setzt voraus, dass der Organismus das Unnöthige des Ersatzes vom Nöthigen zu scheiden, jenes zu entfernen, dieses festzuhalten wisse. Wie dies geschehen könne, ist eine schwierige Frage.

392. Lehmann (physiol. Chemie. I. 1850. S. 168.) erwähnt, dass er bei gemischter Kost im Mittel täglich 32,5, bei stickstoffloser Nahrung 15,4 Gramm Harnstoff entleerte; als er aber täglich die rein animalische Kost von 32 Hühnereiern genoss, secernirte er täglich 53,5 Gr. Diese bedeutende Vermehrung des Harnstoffs zeigte sich so schnell, dass in den ersten 24 Stunden bereits 5/6 des in den Eiern aufgenommenen Stickstoffs wieder ausgeschieden wurden. Auch die Exhalation der Kohlensäure aus

den Lungen ist schon kurze Zeit nach der Einnahme der Nahrung beträchtlich gesteigert; noch viel schneller, zuweilen fast augenblicklich, erscheinen unassimilirbare flüchtige Stoffe, dem Magen einverleibt, in den Secretionen wieder. Es ist unmöglich sich vorzustellen, dass in jenem Experiment die eiweissartigen Stoffe des Eies erst in die Substanz des Körpers wirklich aufgenommen worden wären, um dann entweder selbst wieder so schnell aus ihr ausgetrennt zu werden, oder was gleich widersinnig ist, eine vermehrte Zersetzung schon bestehender Theile des Körpers herbeizuführen; sie haben ohne Zweifel sogleich im Blute diese Zersetzung erfahren, die sie zur Wiederabscheidung geschickt machte. Es fragt sich nun nach den Ursachen, welche diese Zerstörung einer bestimmten Massenmenge herbeiführten. Die äussern Umstände allein können sie nicht enthalten. Wärme, Sauerstoff, Wasser wirken auf alle Theile des Körpers ziemlich gleichmässig, und wenn die schon geformten Bestandtheile vielleicht durch ihre Lage und die Eigenthümlichkeit der Wechselwirkungen, welche die Gestalt selbst herbeiführt, ihrem Einflusse weniger unterliegen, so sind doch mindestens die Bestandtheile des Blutes ihm ganz gleich unterworfen, und es bleibt daher die Frage zu lösen, warum die Gewalt der Zersetzung sich mit voller Kraft auf dieses bestimmte Massenquantum wirft, anstatt eine proportional vertheilte Umwandlung aller Blutbestandtheile zu bewirken.

393. Diese Frage nöthigt uns zu einer Hypothese über die Zusammensetzung des Blutes. Wenn auch seine enosmetische Anziehung gegen den Nahrungssaft keinen Sättigungspunkt besitzt, der es vor dem Eindringen eines Ueberschusses schützt, so läge doch eine neue Abwehr dieser Störung in einer solchen Zusammensetzung des Blutes, in welcher alle seine Elemente nach bestimmten Aequivalenten verbunden wären, und in dieser geschlossenen Verknüpfung fest aneinander haftend, den zersetzenden Kräften allen jenen Widerstand entgegensetzten, den diese überall finden, wo sie ein chemisches Element nicht isolirt angreifen, sondern es aus Verbindungen mit andern zuvor lösen müssen. Das Eindringen überflüssiger Stoffe in dieses Blut würde, da chemische Kräfte nicht abstossend zu wirken pflegen, hierdurch nicht verhindert, wohl aber ihr Eintritt in den chemisch abgeschlossenen Verband des Blutes. In ihm aufgelöst und mit ihm circulirend

würde alles Ueberschüssige doch ausserhalb seiner Formel stehen, und den Kräften, welche die Umwandlung der Stoffe leiten, rasch genug verfallen, um das Blut bald wieder auf die seiner Formel gemässe Zusammensetzung zurückkehren zu lassen. Das würde derselbe Process sein, der z. B. eintritt, wenn aus einer wässerigen Lösung ein krystallisirendes Hydrat sich abscheidet; das Wasser, das zur Formel des Hydrats gehört, widersteht der Verdunstung, die das übrige entfernt.

394. Die wahre Zusammensetzung einer mit andern gemischten Substanz findet die Chemie sehr häufig, indem sie diesen Vorgang nachahmt, und sie durch Krystallisation oder Bindung an einen bekannten Stoff von jenen Beimengungen trennt. Für die Betrachtung des Bluts fehlen uns ähnliche Hilfsmittel, und unsere bisherigen Analysen, aus Mittelwerthen gewonnen, bei denen weder krankhafte Einflüsse, noch momentane Schwankungen des Stoffwechsels eliminirt sind, tragen daher zur Beurtheilung unserer Hypothese wenig bei. Sie geben, je nachdem man sie ansehen will, ebensowohl das Bild einer gewissen gleichförmigen Zusammensetzung, der sich das Blut immer wieder zu nähern strebt, oder auch ein Bild beträchtlicher Schwankungen; doch ist es eine wahrscheinliche Annahme, dass die erste Ansicht die richtige ist. Im Vergleich zu den grossen Differenzen der Nahrungsaufnahme ist die Zusammensetzung des Bluts doch so constant, dass ihre noch bestehenden Differenzen theils auf eine noch nicht beendigte, aber gewiss stets in Arbeit begriffene Elimination des Ungehörigen, theils auf individuelle Verschiedenheiten der Constitution gerechnet werden können. Der Einfluss der Constitution selbst ist freilich eine neue Schwierigkeit. Von ihr abgesehen müsste unter gleichen Umständen und in gleichen Phasen des Stoffwechsels das Blut aller gesunden Individuen nach derselben Formel construirt sein; aber diese allgemein giltige normale Mischung des Blutes würde doch verwirklicht und unterhalten nur durch die Thätigkeit der vegetativen Organe. Sobald in der Grösse, der Architectur, dem Blutzufluss, der chemischen Natur dieser Organe Abweichungen vorkommen, würde entweder jene ideale Zusammensetzung des Blutes stets durch Reste unvollzogen gebliebener Arbeit derselben verdunkelt, oder wenn die specifische Constitution auf einer leichten Modification auch der primären

plastischen Baustoffe des Körpers beruhte, würde eine eigene Formel der Zusammensetzung des Bluts für diesen individuellen Körper die legitime sein. Diese Schwierigkeiten verbieten eine weitere Durchführung unserer Hypothese, deren Annahme überhaupt uns jedoch nicht minder nothwendig scheint, da sie allein den Schlüssel zur Erklärung des beständigen Mischungstypus enthält, dem der Körper trotz aller Schwankungen seines Stoffwechsels wieder zustrebt.

395. Es ist nun leicht zu sehen, wie auf diese Weise und unter der Voraussetzung, dass alle beständigen Lebensprocesse, Circulation, Athmung, Secretionsthätigkeiten in ihrer gewöhnlichen Grösse fortdauern, eine unmittelbare physische Compensation entsteht, in welcher die überschüssigen Stoffe durch ihre eigenen Gegenwirkungen eliminirt werden. Ihre Zersetzung und Verflüssigung bedarf keiner vitalen Kraft, sondern geschieht hauptsächlich durch den Einfluss des Sauerstoffs, dem sie stets begegnen; ihre Ausstossung durch die Secretion setzt wenigstens nicht nothwendig eine Erhöhung vitaler Kräfte voraus; denn wo sie auf einer specifischen Permeabilität der Membranen beruht, wird eine grössere Menge des Auswurfstoffes, sobald sie frei vorhanden ist und durch die Anziehung des Bluts nicht zurückgehalten wird, ebenso leicht durchtreten, als eine geringere. Ist z. B. das Blut mit Wasser über seinen normalen Gehalt erfüllt, so werden grössere und geringere Mengen dieses Ueberschusses die Membranen gleich leicht durchdringen, und die ersten keine grössere vitale Kraft dazu voraussetzen, als die letzten. Aber eine wesentliche Verfeinerung erfährt diese unmittelbare Compensation nun ausserdem dadurch, dass das veränderte Blut durch seinen Einfluss auf das Nervensystem allerdings auch die Wirkung der vitalen Kräfte verändert, und sie zur Herstellung des Gleichgewichts zu Hilfe ruft. So folgt auf die Aufnahme der Nahrung eine Vermehrung der Herzschläge und raschere Circulation; eine grössere Menge Blut geht in gleicher Zeit an den absondernden Membranen vorüber; die organische Contractilität der Gefässwandungen, indem sie das Strombett des Blutes verengt, steigert seinen Druck gegen die Wandungen und begünstigt hierdurch die Exsudation; dieselbe Wirkung und zugleich einen leichteren Durchtritt wegen grösserer

Leichtflüssigkeit begründet die Wasseraufnahme, zu der bei gesättigtem Blute der eintretende Durst treibt. Gleichzeitig wird die Frequenz der Athemzüge beschleunigt; vermehrte Einwirkung des Sauerstoffs führt theils unmittelbar, wie es bei den Kohlenhydraten wahrscheinlich ist, zu einer Zersetzung in gasförmige oder tropfbarflüssige Stoffe, deren Ausscheidung leicht und schnell geschieht, theils lockert sie den Verband der chemischen Zusammensetzung der eiweissartigen Substanzen, und bereitet ihr Zerfallen in Harnbestandtheile und andere Secrete vor.

396. Aus solchen allgemeinen Ansichten den ganzen Verlauf des Stoffwechsels und seiner Compensationen zu construiren, ist allerdings noch unmöglich; doch kann ich die vorzüglichen Arbeiten Vierordts über die Respiration nicht unerwähnt lassen, welche wenigstens an diesem einen wichtigen Zweige des Ganzen, selbst wenn im Einzelnen spätere Erfahrungen zu Verbesserungen seiner Annahmen führen sollten, ein Muster physiologischer Anschauung entwickeln. Durch den Einfluss des Sauerstoffs, den wir im Blute zuerst als vorhanden voraussetzen, bildet sich im gesammten Körperparenchym ein Quantum von Kohlensäure, das absorbirt vom Blut durch die Gefässe nach den Lungen strömt und dort in die Lungenzellen entweicht, so lange der Druck, unter dem die Kohlensäure der Luft in ihnen steht, geringer ist, als jener, unter dem sich die des Blutes befindet. Durch Diffusion verbreitet sich die in die Lungenzellen ausgetretene Kohlensäure durch die übrige Luft der Bronchien, hierin unterstützt durch die Athembewegungen, welche theils diese Mischung vervollständigen, theils neue kohlensäurearme Luft der Atmosphäre den Lungen zuführen. Dadurch erneuern sich die Umstände, welche die Exhalation aus dem Blute begünstigen, wogegen Kohlensäure selbst rückwärts in das Blut eintreten kann, wenn unter unnatürlichen Umständen der Druck, unter dem sie sich in den Respirationswegen befindet, den im Blute überwiegt. Ausgetauscht gegen Kohlensäure tritt Sauerstoff in das Blut ein, zum Theil um sofort chemisch gebunden zu werden, zum Theil aber auch um nur absorbirt den Körper zu durchkreisen. Seine weitere Einwirkung nämlich auf die oxydirbaren Bestandtheile des Blutes und die mit ihr verbundene fernere Kohlensäurebildung hat ihre Grenzen, da sie nur in soweit stattfinden kann, als die Ab-

sorptionsfähigkeit des Blutes dieses Gas aufzunehmen gestattet, und die Verhältnisse in den Lungen seine Entweichung erlauben. Die schon ausgeübte Wirkung des Sauerstoffs, das Quantum der erzeugten Kohlensäure, führt daher eine regulirende Hemmung für seine weitere Wirkung herbei. „Es ist somit von der Entstehung der Kohlensäure bis zu ihrer endlichen Ausscheidung eine ununterbrochene Kette von Ursache und Wirkung nachgewiesen, in welcher uns kein einziges Glied fehlt, und es erscheint die Mannigfaltigkeit der Vorgänge bei der Respiration abhängig von einem einzigen obersten, höchst einfachen Gesetze: nämlich von der Verschiedenheit des Gasgehaltes, oder den Gleichgewichtszuständen der in dem Parenchym der Organe, dem Blute, den Lungen und der umgebenden Atmosphäre enthaltenen Gase.“ (Vierordt, Wagners HWBch. II. 909.) Hierzu tritt noch die vitale Regulation des Processes, die Abänderung in Frequenz und Tiefe der Athemzüge durch die Thätigkeit der respiratorischen Nervencentralorgane, auch sie nach Volkmanns später zu berührender Ansicht dem Reize proportional, den die im Blute angehäufte Menge der Kohlensäure auf jene Organe ausübt.

397. Wir brechen einstweilen hier ab, um uns zu dem entgegengesetzten Falle, dem Mangel genügenden Ersatzes von aussen zu wenden. Gegen ihn besitzt der Organismus weit weniger Hilfsmittel. Bald eintretende Gefühle von Kraftlosigkeit hemmen zwar die Bewegung, dadurch die weitere Abnutzung und das Wachsthum des Bedürfnisses; aber die Ruhe liefert nicht selbst Ersatz des Verlornen. Eine Erhaltung des Körpers in seinem vollen normalen Bestande ist überhaupt bei längerem Mangel undenkbar, die Compensation kann nur in der einstweiligen Unterhaltung derjenigen Functionen bestehen, ohne deren Fortdauer auch der spätere Wiederersatz nicht mehr annehmbar wäre. Allen übrigen Functionen muss ihr Material entzogen werden, soweit es zur Aufrechthaltug jener wesentlichen Processe nöthig und verwendbar ist. Allerdings sind nun in dem Blute freie und verfügbare Materialien zu längerer Erhaltung des Körperbaues stets vorhanden, und auf diesem grossen Ueberschuss des Benutzbaren über das augenblickliche Bedürfniss beruht allein die Möglichkeit, zeitweiligen Mangel zu ertragen; aber durch seine Aufbrauchung wird das Blut ärmer an Bestandtheilen, auf

deren Reiz die Thätigkeit des Nervensystems rechnet; eine Reihe krankhafter Zustände begleitet daher den Mangel stets. Selbst die Fettmassen, die an verschiedenen Stellen des Körpers aufgehäuft sind, und allerdings nur durch ihre physischen Eigenschaften zu nützen scheinen, werden zur Erhaltung der nöthigen Wärme nicht aufgeopfert, ohne dass der Wegfall jener physischen Wirkungen die Schwäche und Reizbarkeit des Organismus erhöhte. Bei längerer Dauer des Mangels aber kann im Allgemeinen eine Compensation nur dadurch geschehen, dass vorhandenes Material in einer Weise aushilflich benutzt wird, auf die im gewöhnlichen Verlaufe der Dinge nicht gerechnet ist.

398. Ohne Grund bezweifelt Lehmann (physiol. Chem. 1850. I, 263) das Vorkommen solcher vicarirender Processe, namentlich chemischer Umsetzungen, die im gesunden Zustand nicht stattfinden. Es würde allerdings widersinnig sein, wollten wir annehmen, sie geschähen im Fall des Bedürfnisses deswegen, weil sie jetzt zweckmässig wären; sie geschehen vielmehr, weil sie unter den jetzt veränderten Bedingungen mechanisch nothwendig geworden sind und geschahen früher nicht, weil sie unter den früheren Umständen unmöglich waren. Im gewöhnlichen Verlauf des Lebens nimmt der Thierkörper in den Nahrungsmitteln alle Klassen seiner Ersatzstoffe schon fertig gebildet, Eiweiss als Eiweiss, Fett als Fett auf, und zwar in so genügenden Mengen, dass er keine Klasse in eine andere zu verwandeln, noch weniger diese Stoffe aus Elementen oder einfacheren Verbindungen zusammenzusetzen braucht. Wenn nun unter gewöhnlichen Umständen aufgenommene Kohlenhydrate lediglich in Milchsäure und zuletzt in Kohlensäure der Respiration übergehen, so können doch leicht bei Mangel der Fettzufuhr Bedingungen eintreten, welche die Umbildung der Kohlenhydrate in Fette begünstigen. Die Thatsachen verlangen diese Annahme, und obgleich wir die zu diesem Process nöthige Verschiebung der Bedingungen nicht näher zu characterisiren wissen, kann sie doch leicht in einer Art prädisponirender Verwandtschaft liegen, welche etwa von den Eiweisskörpern ausgeht, und die Umgestaltung der Kohlenhydrate in Fette so lange, aber auch nur so lange begünstigt, bis ein gewisses proportionales Mass derselben erzeugt ist. Ohne auf das Specielle dieser Vermuthung irgend ei-

nen Werth zu legen, können wir sie doch als eine der vielleicht zahlreichen Möglichkeiten betrachten, auf denen das temporäre Hervortreten sonst nicht vorkommender Richtungen der chemischen Processe beruht.

399. Empirisch können wir freilich noch gar nicht nachweisen, wieweit sich diese Verschiebbarkeit des Chemismus erstreckt. Nach Regnault und Raiset (Ueber Respiration, Poggend. Ann. März 1850.) tritt nach Hunger und Erschöpfung an die Stelle der gewöhnlichen unbedeutenden Stickstoffexhalation durch die Lungen eine bedeutendere Einsaugung dieses Gases, bei verändertem Regime auch einige Zeit nach dem Hungern fortdauernd, bis das Thier sich an die neue Nahrung gewöhnt hat. So, wenn körnerfressende Thiere, wie Hühner, auf Fleischdiät gebracht werden; auch die Murmelthiere absorbiren im Winterschlaf viel Stickstoff. Diese Umstände lassen die Vermuthung aufkommen, dass der Körper selbst die mangelnde Zufuhr bildsamer plastischer Stoffe durch eine Neubildung derselben auszugleichen vermag, zu der er nur den Stickstoff der Respiration und vielleicht Zersetzungsreste benutzt, die aus der Umwandlung der Körpergebilde hervorgehn. Schon im gesunden Zustande finden wir Anzeichen genug, dass Stoffe, die wir zu den Excreten rechnen, wie einzelne Gallenbestandtheile, zum Theil wieder in den Stoffwechsel eingeführt, zum Theil selbst erst nach mehrmaliger Benutzung zu functionellen Zwecken völlig entleert werden; es ist um deswillen nicht unwahrscheinlich, dass unter krankhaften Verhältnissen in beschränktem Grade wenigstens ein Wiederersatz auf diesem ungewöhnlichen Wege möglich sei. Zwar kann ich nicht mit Valentin annehmen (Wagners HWBch. I. 455), dass auch der Harnstoff hierzu verwendbar sei, weil die Natur keinen Stoff ausscheide, ohne ihn möglichst benutzt zu haben. Denn eben weil der Harnstoff beständig ausgeschieden wird, muss er als schon möglichst benutzt, und nicht weiter benutzbar gelten. Anders kann es sich mit jener Klasse von Zersetzungsproducten verhalten, die wir unter dem Namen der Extractivstoffe zusammenfassen, und die noch nicht die Einfachheit der Zusammensetzung angenommen haben, welche sie zu Ausfuhrproducten geschickt macht. Im Allgemeinen jedoch ist es hinlänglich klar, dass alle Ausgleichung des Mangels an Ersatz höchst unvollkom-

men ist, und dass meist nur die Materialien des Blutes aufgezehrt, Neues dagegen nur in sehr beschränktem Masse gebildet wird. Am wenigsten darf man den Phantasien alter Zeit nachhängen, die auch völlig unorganische Stoffe als Nahrungsmittel ansehen, denen im Nothfalle die Lebenskraft assimilirbare Producte abgewinnen könnte.

400. Wir haben früher schon erwähnt, wie unvollkommen alle unsere Kenntnisse über die letzte Verwendung des Nahrungssaftes zur Wiederherstellung der Körperbestandtheile sind. Schon der Mechanismus der ernährenden Exsudation bot Schwierigkeiten in Menge; die Aneignung des dargebotenen Ersatzes durch die Substanz des bedürftigen Parenchyms ist nicht minder dunkel. Wir können wohl mit Vierordt (Wagners HWBch. III, 1. 653). sagen: es sei das einfache Bestreben zur Ausgleichung der chemischen Differenzen und des Druckes, was den Stoffwechsel vermittle; aber in diesem einfachen Ausdrucke verbergen sich die grössten Schwierigkeiten. Es reicht nicht hin, eine Verwandtschaft des bedürftigen Parenchyms zum Blute anzunehmen, denn dies ist fast keine Hypothese mehr, sondern nur ein formulirter Ausdruck für den unerklärlichen Thatbestand, der ganz nackt vor Augen liegt; man müsste sich vielmehr über den Gang dieser Verwandtschaftswirkungen bestimmtere Vorstellungen machen können. Nun pflegt man gewöhnlich anzunehmen, es finde zwischen den plastischen Bestandtheilen des Blutes und den Zersetzungsproducten des Parenchyms ein enosmetischer Austausch statt. Wenn es jedoch erklärbar ist, dass die Zersetzungsproducte von der grossen Masse des Blutes, die sich beständig erneuert, aufgesogen werden, so ist der Austritt des Plasma nicht eben so klar; die Enosmese jener kann keine abstossende und austreibende Kraft auf dieses üben, sondern es ist nöthig, dass auch das Plasma von dem Parenchym angezogen werde. Da nun dessen zerstörte Theile in das Blut übertreten sollen, so könnte diese Anziehung nur von dem gesunden Parenchym ausgehen. Wäre das Plasma der Substanz des Parenchyms völlig gleich, so würde diese Anziehung des Gleichartigen weder irgend einen Sättigungspunkt haben, noch die Masse des Angezogenen an ein Austauschquantum des Abgestossenen gebunden sein können; dieser Process würde daher zwar für die Periode

des Wachsthums ein benutzbarer sein, für die der gleichförmigen Erhaltung aber die Gefahr beständiger Hypertrophien der Körpertheile herbeiführen. Das Plasma kann jedoch, da es verschiedenartige Organe zu ernähren hat, nicht jedem gleichartig sein, und ist es wahrscheinlich keinem ganz, um so mehr, da wir an eine Abnutzung der Art nicht denken können, welche einen Theil des Parenchyms gar nicht, den andern bis zur Zerstörung veränderte. Wir glauben deshalb, dass eine Anziehung zwischen Ungleichartigem stattfinde, die, wie alle chemischen Affinitäten, einen bestimmten Sättigungspunkt hat und die Substanz eines Moleculs, ohne seine Masse zu vermehren, stets auf dieselbe Zusammensetzung zurückzuführen strebt. Wir finden in diesem Gedanken das einfachste Princip, nach welchem der Ersatz dem Bedürfnisse angemessen regulirt werden kann. Zwei Fälle der Anwendung sind nun denkbar. Entweder es wirken beständig vorhandene chemische Kräfte auf das Parenchym ein und entziehen ihm durch directe Ueberlegenheit der Affinität, vielleicht auch durch Umgestaltung der Zusammensetzungsform einzelne Bestandtheile, welche das Parenchym aus einer Quelle, auf welche jene Kräfte noch nicht wirken, wieder ersetzt; oder im Momente einer functionellen Thätigkeit ändert sich das Gleichgewicht der chemischen Kräfte der Substanz so, dass sie äusseren Einflüssen momentan einen zersetzenden Einfluss gestattet, während sie, so verändert, im Momente der Ruhe eine anziehende Kraft auf den nöthigen Ersatzstoff ausübt. Keinen von beiden Fällen vermögen wir jedoch bis jetzt mit empirischen Thatsachen in bestimmte Verbindung zu bringen.

401. Auf die Grösse der Zersetzung und des Wiederersatzes wirken nun endlich noch äussere Umstände aller Art, so wie die wechselnden Grössen der lebendigen Leistung ein; ihren Einfluss werden wir jedoch erst bei der Betrachtung der Wärme berücksichtigen, da alles was wir über ihn wissen, mit dieser in engerer Verbindung steht. Einen Blick müssen wir dagegen hier noch auf die Compensationen werfen, durch welche die verschiedenen Organe der Secretion und der Aufsaugung das Gleichgewicht des Stoffwechsels unterhalten. Die Aufgabe der Secretion kann theils darin bestehen, nur die Masse eines überschüssigen Stoffes ohne Veränderung desselben zu entfernen, theils

darin, durch einen Kreis von Bedingungen, der sich nur in einem bestimmten Organe vereinigt findet, die Ausfuhrproducte erst zu gestalten. Der erste Fall findet bei dem Wasser statt, das tropfbar oder gasförmig einen constanten Bestandtheil aller Aussonderungen bildet, und wie es scheint jede dünne Membran für sich durchgängig findet. Ist durch irgend welche Umstände sein Austritt nach einer Seite hin gehemmt, so sehen wir es an andern Stellen geringeren Widerstandes um so mehr hervorbrechen; ist seine Absonderung irgendwo beträchtlich vermehrt, so können andere Organe aus Mangel an Arbeit feiern. Dunstsättigung der Luft vermindert seine Ausscheidung durch Haut und Lunge und vermehrt die der Nieren und des Darmkanals; wässerige Stuhlgänge und verstärkte Diurese müssen denselben herabsetzenden Einfluss auf jene gasförmigen Exhalationen ausüben; indem sie jedoch das Blut concentriren, vermehren sie zugleich seine enosmetische Wirkung auf die Flüssigkeit des Parenchyms und verstärken die Aufsaugung aus dem Innern. Uebermässige Schweissbildung lässt den Urin gesättigter, die Excremente trockner werden; eine Hemmung der Harnabsonderung dagegen führt an sich nicht zu verstärkter Schweissbildung, sondern da das Wasser im Innern des Körpers namentlich an den serösen Membranen weniger Widerstand findet, als in der kühleren Haut, so treten hydropische Ablagerungen als krankhafte Ausgleichungen auf. Dieser ganze Antagonismus kann daher als ein Resultat unmittelbarer physischer Compensationen betrachtet werden, obgleich häufig die Ursachen, welche die Herabsetzung oder Erhöhung einer Absonderung bedingen, zugleich weiter wirkend, vitale Kräfte erregen, die diese Erscheinungen modificiren.

402. Die Verhältnisse sind verwickelter, wo durch Störung einer normalen Function nicht nur die Arbeit der Ausstossung, sondern auch die der Umgestaltung eines Materials auf andere dazu nicht bestimmte Organe vertheilt wird. Wie weit solche vicarirende Processe vorkommen, ist empirisch vielfach zweifelhaft; dass jedoch nicht alles, was frühere Zeiten hierüber gelehrt haben, nothwendig und aus physischen Gründen irrig sein müsse, ergibt sich leicht. Fette z. B. lassen eine doppelte Verwendung leicht zu. Sie können als Respirationsmittel zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden; aber sie können ebenso

wohl in die Bildung verschiedener Gallenbestandtheile eingehn. Eine gegenseitige Stellvertretung zwischen Lunge und Leber in Bezug auf alle ihre Functionen ist nun gewiss unmöglich; partiell aber können sie in einzelnen Fällen, wie in diesem, sich unterstützen. Ist das Blut überladen mit Stoffen, denen eine solche doppelte Bestimmung möglich ist, so kann bei Minderung der Respiration, z. B. in heissen Klimaten, eine verstärkte Gallenbildung, bei Unfähigkeit der Leber vermehrtes Athmen diesen Uebelstand ausgleichen; am häufigsten freilich wird im letztern Falle das Fett überhaupt nicht consumirt, sondern abgelagert. Reicht der Zutritt des Sauerstoffs durch die Lungen nicht aus, um die Reste eiweissartiger Körper hinlänglich zu entkohlen, so treten vermehrte Bildungen der an Kohlenstoff viel reicheren, an Sauerstoff ärmeren Harnsäure anstatt des sonst überwiegenden Harnstoffs auf. Auch diese Compensationen sind einfach Folgen der veränderten Umstände, unter denen die chemischen Verwandtschaften der Stoffe auf einander wirken. Leider ist der Gang der Umwandlungen im Stoffwechsel überhaupt viel zu unbekannt, als dass wir versuchen dürften, diese ausgleichenden Verschiebungen desselben weiter ins Einzelne zu verfolgen, noch weniger kennen wir die den praktischen Aerzten so familiären Ereignisse, die man als metastetischen, sympathischen oder antagonistischen Consensus zwischen den Thätigkeiten ganzer zusammengesetzter Organe oder Organgruppen bezeichnet. (Lotze, allgem. Pathol. 1848. S. 80—98.)

§. 34.

Die Erhaltung der Wärme.

403. Pflanzen und Thiere bedürfen zu ihrer ersten Bildung die Einwirkung äusserer Wärme; beide entwickeln im Verlaufe ihres Lebens Wärme aus sich selbst, doch nur Thiere in ausreichender Menge, um in äusseren Temperaturen unter dem Gefrierpunkt ihre Lebensfunctionen längere Zeit durchzuführen. So sehr uns jedoch viele Thatsachen von der Unentbehrlichkeit der Wärmeerzeugung für das Leben überzeugen, so ist doch unsere Kenntniss der nächsten Gründe ihrer Wichtigkeit sehr unvollständig, und der Nutzen, den man von ihr anzugeben vermag, steht noch in keinem richtigen Verhältnisse zu dem ausserordentlichen

Aufwand von Mitteln, der zu ihrer Aufrechterhaltung aufgeboten wird. Man kann vor allem den Fortgang der chemischen Processe im Körper an eine gewisse Temperatur geknüpft denken, mit deren Erniedrigung der Chemismus erlösche. Diese Ansicht harmonirt mindestens wenig mit den weit verbreiteten Annahmen, nach denen der grösste Theil des ganzen Stoffwechsels, mithin eben jener chemischen Processe, die man zu sichern sucht, ja selbst nur zur Erzeugung der Körperwärme vorhanden ist. Wäre der Körper nicht warm, so würde seine Zersetzung durch die Function, die dann allein noch übrig bliebe, eine ziemlich unbedeutende Grösse sein; sie würde überdies zu ihrem Zustandekommen keiner äussern Beihilfe bedürfen, vielmehr würde die einfachste Einrichtung diese sein, dass die Function selbst Wärme so viel entwickelte, als zur Entfernung des Zersetzten und zur Anbildung des Ersatzes nöthig wäre. Obgleich daher freilich, wie in jedem brennenden Körper der brennende Theil den noch nicht brennenden in eine Temperatur versetzt, die seine Entflammung begünstigt, so auch die in dem Organismus entbundene Wärme neue chemische Processe anregt, so kann doch dies nicht als Zweck ihres Daseins angesehn werden, denn nicht so viel Chemismus als möglich, sondern so viel Function als nöthig, soll hervorgebracht werden. Wir müssen daher die Wichtigkeit der Wärme hauptsächlich in den Einflüssen suchen, durch welche sie die Organe in Molecularzuständen erhält, die ihre Functionsfähigkeit sichern. Diese Einflüsse können sich auf die Nerven, auf die parenchymatöse Substanz der Organe, endlich auf die Bestandtheile der Säfte beziehen.

404. Die Thätigkeit der Nerven soll durch länger dauernde Kälte bedeutend herabgesetzt werden. Dies wird freilich weder für die sensiblen, noch für die motorischen durch die bald eintretende Stumpfheit der Empfindung und die Steifigkeit der Glieder bewiesen; beide Erscheinungen können ebenso leicht in einer Veränderung der bedeckenden Haut und des interstitiellen Zellgewebes mit seinen Säften ihren Grund haben. Doch scheint Eis auf einen Nervenstamm angewandt, die Leitung des Nervenprocesses zu hemmen. Die Zufälle, welche bei andauernder hoher Kälte eine beginnende Unthätigkeit des Gehirns andeuten, können in keiner Weise als unmittelbare Folgen der Temperatur-

erniedrigung betrachtet werden; sie gehen meist aus der falschen Vertheilung des Blutes hervor, das durch die Erkältung der Oberfläche nach innen gedrängt, einen übermässigen Druck auf die Centralorgane ausübt. Obgleich daher ein scharfer Beweis für die Nothwendigkeit der Wärme, und namentlich der so hohen Temperatur der warmblütigen Thiere für die Functionen des Nervensystems nicht geliefert ist, so halten wir dennoch ihre Annahme für richtig. Auch mag die nähere Vorstellung, die man sich über ihren Einfluss gemacht hat, dass sie nämlich das Fett der Nervensubstanz flüssig erhalte, und dass mit dessen Gerinnung der Nerv unthätig werde, einen Theil der Wahrheit enthalten. Aber wir sind über die vielfältigen Bedingungen, denen der Bau des Organismus gleichzeitig genügen muss, so unwissend, dass wir die nahe liegende Frage nicht beantworten können, warum die Natur nicht lieber in den Säugethieren das minder gerinnbare Fett angewandt habe, das bei Fröschen vorkommen soll, anstatt durch so grossen Aufwand die für die Flüssigkeit des angewandten nöthige viel höhere Temperatur zu unterhalten? Ohne Zweifel kann die Wärme auch noch auf andere Weise die Thätigkeit der Nerven mitbedingen, obgleich unsere Unbekanntschaft mit der Form des Nervenprocesses uns jede nähere Vorstellung darüber unmöglich macht. Ein anderer Einfluss dagegen scheint mir weiterer Untersuchungen werth, der nämlich, den sie unmittelbar auf die Leichtflüssigkeit oder Zähigkeit der Säfte, auf Elasticität, Biegsamkeit und Verschiebbarkeit der festen, auf die Gelenkigkeit uud die Empfindlichkeit der contractilen Gewebe ausübt. In Bewegungen und Gestaltveränderungen besteht die Summe der körperlichen Leistungen, die nicht andern Lebensprocessen lediglich als Mittel dienen, sondern unabhängige Zwecke des Lebens sind; auf ihre Hervorbringung muss der ganze übrige Apparat berechnet sein. Leicht ist es nun möglich, dass die Wärme nicht sowohl zur Unterhaltung der Functionsfähigkeit in den erregenden Organen, den Nerven, als vielmehr in den erregbaren, executiven Organen bestimmt sei. Wenn es uns in heftiger äusserer Kälte, der nur die Finger ausgesetzt gewesen sind, schwer fällt, diese zu beugen oder zu strecken, so ist es wenig glaublich, dass dies allein von einer Paralyse der motorischen Nerven herrühre, viel wahrscheinlicher,

dass die Unnachgiebigkeit der Haut, die Unbeweglichkeit und Zähflüssigkeit der Zellgewebsäfte der Muskelcontraction eine bedeutende Summe von Widerständen entgegensetzt. Man denke sich dieselben molecularen Veränderungen über den ganzen Körper verbreitet, so ergibt sich, dass ein beträchtliches Wärmequantum nöthig ist, um alle diese Widerstände der willkührlichen Bewegung zu überwinden. Es kann sein, dass der Lebensplan anderer Thiere nicht den gleichen Grad von Beweglichkeit, oder dass die specifische Mischung ihres Gewebes nicht gleiche Temperaturen zu gleicher Beweglichkeit bedarf; doch gebe ich gern zu, dass auch diese Ansicht keineswegs das Räthsel löst, warum mit so grosser Consequenz in den höheren Thierklassen viel höhere Wärmegrade als in den niederen, fest gehalten werden.

405. Auch der ausgebildete warmblütige Körper nimmt bei höheren Temperaturen Wärme von aussen auf; viel grösser ist dagegen die, welche er aus inneren Ursachen entwickelt. Es würde uns zu weit in ein verworrenes Detail führen, wollten wir alle Ansichten über die Quellen der inneren Wärme zusammenstellen. Man kann gegenwärtig annehmen, dass nur zwei Wärmequellen nachgewiesen sind, die Contraction der Muskeln und die Verbrennung oxydirbarer Nahrungsbestandtheile. Die beständig fortgehenden Bewegungen der Respiration, des Herzschlags und der Verdauung sind offenbar viel zu unbedeutend, um einen beträchtlichen Theil der Körperwärme, die sich ja auch während der Ruhe erhält, zu erklären; brächten sie irgend eine bedeutende Quantität hervor, so müsste der Effect angestrengter Muskelbewegung ganz vernichtend sein. Die Berechnung der Wärmemenge, welche die Verbrennung des durch die Nahrung eingeführten Kohlen- und Wasserstoffs liefern kann, hat gezeigt, dass sie fast vollkommen der Wärme gleich kommt, die der Körper während der Zeit der Verwendung jener Nahrung erzeugt und nach aussen mittheilt. Auf diese Quelle werden wir daher allein Rücksicht nehmen, und lassen die feinen Fragen dahingestellt, ob die Ernährung ausserdem beim Festwerden des flüssigen Plasma Wärme entwickle, und ob diese durch eine Kälteerzeugung bei der Verflüssigung des Festen compensirt werde. Es ist nun ferner bekannt, dass die Verbrennung jener oxydirbaren Stoffe nicht ausschliesslich in den Lungen, sondern un-

gleich überwiegender in dem Parenchym des Körpers vor sich geht, in welchem ohnehin die zur Zersetzung neigenden Formbestandtheile der Gewebe allein zu finden sind. Doch dieser letztere Antheil an der Verbrennung ist nicht nur gering, sondern bei der ungleichen Veränderlichkeit der Organe local sehr verschieden. Die erzeugte Wärme wird daher zur gleichmässigen Verbreitung im Körper an das Blut gebunden und das Gefässsystem muss aus diesem Grunde überall in einer doppelten Beziehung fungirend gedacht werden. Es ist keineswegs allein dazu bestimmt, den einzelnen Körpertheilen den Ersatz zuzuführen, den ihr Verlust an ponderablen Stoffen verlangt, vielmehr ist es überhaupt auch als wärmeführendes System anzusehn, und manche Eigenthümlichkeiten seines Baues namentlich in verschiedenen Gattungen der Thiere dürften sich leichter aus der letztern als aus der ersten Bedeutung erklären. Man irrt wenigstens gewiss oft, wenn man überall, wo eine reiche Gefässverbreitung vorkommt, an lebhaften Stoffwechsel denkt, da leicht möglich nur eine beständige Regulirung der Molecularzustände durch Wärmezufuhr beabsichtigt ist.

406. Die einmal gebildete Wärme des Körpers erleidet beständige, in ihrer Grösse sehr wechselnde Verluste aus verschiedenen Ursachen. Das Wasser, das durch Hautausdünstung und Athmung beständig davongeht, absorbirt einen Theil der Wärme, um sich zu Dampf zu verwandeln; die eingeathmete Luft, die Getränke und Speisen, sofern sie kälter sind als die Temperatur des Körpers, entziehen ihr einen andern Theil bis zur Ausgleichung der Wärmedifferenz; die ausgeathmete Luft, die flüssigen und festen Excremente, sämmtlich bis zu der Höhe der Bluttemperatur erwärmt, entführen eine andere Menge; durch Ausstrahlung endlich an die umgebenden Medien, die in unserm Klima im gewöhnlichen Laufe der Dinge stets unter der Temperatur des Körpers stehen, erleidet er den beständigsten und beträchtlichsten Verlust. Die Schätzung dieser verschiedenen Ausgaben deren keine eine beständige Grösse ist, kann natürlich nicht genau festgestellt werden; die Angabe Nasses (Wagners HWBch. IV. 74), nach welcher $^1/_4$ aller erzeugten Wärme durch Verdampfung, $^2/_3$ durch Ausstrahlung, $^1/_{12}$ durch Mittheilung an die eingeführte Nahrung und durch die Secretionen verloren geht,

kann die verhältnissmässige Wichtigkeit dieser einzelnen Verlustquellen für den Menschen verdeutlichen.

407. Die wirbellosen Thiere sämmtlich, unter den Wirbelthieren die Amphibien und Fische, nur wenige, und selbst diese in beschränkterem Sinne unter den Vögeln und Säugethieren empfinden die Einwirkungen der äussern Temperaturschwankungen und dieser Wärmeverluste so, dass die Temperatur ihres Körpers von der der Umgebungen abhängig ist, und durch die von ihnen selbst producirte Wärme nur um wenige Grade sich über den jedesmaligen Stand jener erhebt, oder bei höheren äusseren Hitzegraden unter denselben sinkt. Wo Abwechselungen des Klima mit Perioden bedeutender Kälte eintreten, vermögen sich diese Organismen nicht in der Temperatur zu erhalten, die ihren Lebensfunctionen nöthig ist; schon bei mässigen Erkaltungen nimmt die Raschheit ihrer Lebensverrichtungen ab; bei höheren Kältegraden entziehen sie sich theils durch Wanderung ihrem Einflusse, oder verbergen sich in die wärmeren Tiefen des Erdbodens, oder verfallen in mancherlei Formen in die vita minima des Winterschlafs, in der nur eine seltene Herzbewegung und eine geringe Respiration fortdauert, oder endlich viele Gattungen der niederen Thiere leben überhaupt nur während der warmen Jahreszeit und setzen über den Winter hinweg die Continuität der Gattung nur durch die Ueberlieferung von weniger wärmebedürftigen Eiern oder Puppen fort. Das interessante Detail dieser Lebensverhältnisse der wechselwarmen Thiere der vergleichenden Physiologie überlassend, wenden wir uns zur Betrachtung der mechanischen Compensationen, durch welche die gleichwarmen, homöothermen Thiere der höhern Ordnungen sich eine beständige Temperatur zu sichern vermögen.

408. Unveränderlich durch alle äussern Einflüsse ist natürlich auch ihre Temperatur nicht; sie unterliegen nicht allein excessiven Hitze- und Kältegraden, sondern auch unbedeutende Schwankungen der äussern Wärme sind auf ihre eigene nicht ohne Einfluss. Sehr wichtig ist vielmehr nach C. Bergmanns schönen Betrachtungen über die Wärmeökonomie der Organismen die Fähigkeit der Thierkörper, Schwankungen in der Temperatur ihrer äussern Theile sofort zu rückwirkenden Mitteln zu benutzen, um die der inneren wichtigeren Organe auf gleicher Höhe zu

erhalten. Aeussere Kälte kühlt nothwendig auch die Haut, obgleich nur bis zu geringer Tiefe ab; indem so die Temperaturdifferenz zwischen ihr und der Luft geringer wird, mindert sich auch die von dieser abhängige Wärmestrahlung, und die cubische Masse des Körpers erspart dadurch mehr Wärme, als durch die einmalige Erkaltung der Oberfläche verloren ging. Zugleich bedingt die Abkühlung eine Zusammenziehung der Blutgefässe der Haut, verhindert also das Blut, in reichlicher Menge an einen Ort zu strömen, der es nothwendig erkälten müsste, und häuft es in den inneren Theilen an, ein Erfolg, der freilich bei dauernder höherer Kälte tödtlich wird. Mit dem sinkenden Blutreichthum der Haut mindert sich auch der Wärmeverlust durch Verdampfung; er steigt vielleicht dafür in den Lungen, wird jedoch durch die Verbrennungswärme ersetzt, welche die beschleunigte Respiration bildet.

409. Diese Hilfsmittel reichen natürlich für längere Zeit nicht aus; selbst wo sie durch schlechte Wärmeleitung der bepelzten oder fettgepolsterten Haut unterstützt werden, erzeugen sie doch nicht selbst Wärme, sondern verzögern nur das unvermeidliche Entfliehen der vorhandenen. Intensivere Wärmebildung kann daher allein dauernd vor Erkaltung schützen; und da sie von der Oxydation der Bestandtheile des Körpers ausgeht, so muss eine gesteigerte Verbrennung, folglich bald auch eine wachsende Nahrungsaufnahme bewirkt werden. In der That scheinen die Beobachtungen zu der Annahme zu berechtigen, dass in tieferen Temperaturen die Anzahl und Tiefe der Inspirationen wächst, und theils durch vermehrte Sauerstoffzufuhr, theils durch die Muskelbewegung selbst, durch letztere freilich äusserst unbedeutend die Wärme erhöht. Die übrigen Schritte dieser Compensation laufen durch das Mittelglied psychischer Processe hindurch; vermehrter Appetit stellt sich ein und richtet sich besonders auf kohlenstoffreiche Nahrung, deren die Polarvölker unglaubliche Mengen verzehren; durch angestrengte Muskelbewegung wird die Schnelligkeit der Circulation, und damit des Stoffwechsels beschleunigt; ein Mittel, dessen sich freilich nur die Ueberlegung des Menschen, nicht die Natur der Thiere zur Erwärmung zu bedienen scheint. Die Stellung des Körpers endlich wird verändert, und jede Lage aufgegeben, welche der erkältenden Luft

grosse Oberflächen blossstellt, und eine Beugung aufgesucht, in der möglichst viele Hautflächen sich gegenseitig bedecken. Diesen Kampf gegen die Kälte setzt der Verstand endlich durch die bekannten Mittel unsers civilisirten Lebens fort.

410. Gegen steigende äussere Wärme vertheidigt sich das Thier theils durch willkührliche Beförderung der Verdampfung, indem es nicht nur den Luftzug aufsucht, der den Hautdunst reichlich entführt, sondern die Menge der wärmebindenden Dämpfe durch kaltes Getränk vermehrt; theils treten unwillkührliche Compensationen durch den Zusammenhang der organischen Functionen auf. Die Frequenz des Herzschlags steigt mit der steigenden Wärme; bleibt seine bewegende Kraft ungeschmälert, so wird der ausdünstenden Oberfläche, deren Gefässe sich erschlaffend ausdehnen, eine reichere Blutmenge zugeführt, die durch Schweissabsonderung eine Menge gebundener Wärme entfernt. Raschere Circulation hat nicht an sich grösseren Stoffwechsel zur Folge; wenn vielmehr, wie in der Hitze dies zu geschehn scheint, die Energie der Respiration sinkt, und mit ihr der Verbrauch von Sauerstoff, so kann diese Combination beider Processe nur eine Verminderung in der Erzeugung und eine Vermehrung in der Ausscheidung der Eigenwärme bedingen. Die Verdauung wird weniger kraftvoll; der Nahrungstrieb richtet sich mehr auf flüssige Stoffe von geringer Heizungskraft; die Bildung der Galle allein scheint vermehrt und mag Stoffe entfernen, die in geringerer Temperatur durch das Athmen weiter verbrannt zur Erhöhung der Eigenwärme beigetragen hätten. Der Trieb zu Bewegungen sinkt in Thieren, die an eine gemässigte Temperatur gewöhnt sind, doch ist der Effect der Bewegungen sowohl als der der Respiration nicht ohne alle Zweideutigkeiten. Die Wirbelthiere der heissen Zone scheinen an Behendigkeit und Rastlosigkeit der Bewegung denen der arktischen im Durchschnitt überlegen zu sein. In Bezug auf die Respiration ist noch die Frage übrig, inwieweit die Vermehrung der Sauerstoffzufuhr eine Vermehrung seiner Verwendung zur Folge hat. Kommen ihm bei geringerer Nahrungsaufnahme nur geringe Mengen oxydirbarer Stoffe entgegen, so ist es wenig glaublich, dass er in Ermangelung derselben die Körpersubstanz zu verzehren anfange; wahrscheinlicher vielmehr, dass seine Verwendung auf das Bedürfniss beschränkt bleibt, und

dass die Athmung zu einem Process der Abkühlung wird, indem sie gleich der Haut eine Menge blutwarmer Dämpfe in die Atmosphäre entlässt. Um dies zu entscheiden, fehlen uns Beobachtungen über die Respiration der Thiere in der heissen Zone. Eine spätere Veranlassung §. 41. wird uns auf einige andere Mittel zurückführen, deren sich die Natur für die Zwecke der Wärmeökonomie bei verschiedenen Thierklassen bedient.

411. Viel abhängiger von äusserer Wärmezuleitung sind im Allgemeinen die Pflanzen. Die ersten Schritte der Keimung schon bedürfen einer gewissen Menge derselben, doch scheint es innerhalb gewisser Grenzen gleichgiltig, ob dieses Quantum durch eine kürzere höhere oder durch andauernde weniger hohe Temperatur zugeführt wird. Die Pflanzen gleichen diese Verschiedenheiten hier so wie in ihrem spätern Leben durch proportionale Veränderungen ihrer Vegetationsgeschwindigkeit aus, indem ihre Entwicklung längere Zeit fast stillstehn kann, wo die zu ihrem Fortschritt nöthige Temperatur fehlt. Die höheren Kältegrade unsers Winters führen die meisten von ihnen dauernd auf jene vita minima zurück. Die Pflanzen sind nicht homöotherm; den grössten Theil der zu ihren Lebensprocessen nöthigen Wärme entlehnen sie aus der äussern Atmosphäre und aus der Wärme des Erdbodens, aus welchem die Nahrungssäfte aufsteigen. Durch dies letztere Hilfsmittel und durch die Veränderung ihrer Ausdünstungsgrösse sind sie daher zwar dem Einflusse schneller und unbedeutender Schwankungen der atmosphärischen Temperatur in etwas entzogen, und bei hinlänglicher Befeuchtung des Bodens erhält sich in hoher Wärme das ausdünstende Blatt kühler als die Luft, während der blattlose Stamm im Winter durch Zuleitung der gleichförmigeren Bodentemperatur nach der Länge seiner Fasern, durch geringere Querleitung derselben nach aussen und den Schutz der schlechtleitenden Rinde etwas wärmer als die Umgebung bleibt; doch reichen diese Umstände zur Erhaltung einer constanten Temperatur nicht hin. Gleich den Thieren produciren jedoch auch die Pflanzen eigene Wärme. Wie viel hierzu der Umstand beiträgt, dass sie ihre Nahrung gasförmig oder flüssig aufnehmen und in festen Aggregatzustand überführen, wissen wir nicht, besonders da wir die Bindung von Wärme nicht berechnen können, die auf dem unbekannten Umwandlungswege

der ernährenden Kohlensäure zu desoxydirteren Stoffen stattfinden mag. Dagegen muss die Erzeugung der Kohlensäure in dem umgekehrten nicht der Ernährung dienenden Aushauchungsprocess allerdings Wärme bilden. Wir finden sie daher häufig sehr beträchtlich in keimenden Samen, deren Kohlensäureentbindung bekannt ist; namentlich wo grössere Mengen keimender Samen zusammengedrängt sind, vermögen sie die Temperatur der Umgebung ansehnlich zu erhöhen. In vielen Blüthen, namentlich denen der Aroideen ist ebenfalls eine bedeutende Wärmebildung beobachtet worden; auch sie fand de Saussure an die Grösse der Sauerstoffverzehrung und der Erzeugung von Kohlensäure gebunden, die besonders von den Antheren ausgeht.

§. 35.

Von der Oekonomie der Kräfte.

412. Nehmen wir an, dass die Wirkung aller physischen Kräfte in einer bestimmten Geschwindigkeit besteht, welche sie irgend einem Massenatom mittheilen, so kann zwar die dadurch erzeugte Grösse der Bewegung mannigfach wechseln, sobald die mitgetheilte Geschwindigkeit eine nach der wechselnden gegenseitigen Lage der Massen veränderliche Beschleunigung ist; dagegen werden wir die einmal entstandene Bewegung uns nach dem Gesetze der Trägheit fortdauernd denken müssen, so lange sie nicht durch entgegengesetzte Widerstände aufgezehrt wird. Die Verhältnisse jedoch, in denen sie die in Bewegung zu setzenden Massen antrifft, können ausserdem nicht nur ihre Richtung, sondern auch ihre Form so umgestalten, dass uns die ursprüngliche Bewegung als verloren gegangen erscheint, oder dass sie nur in einem ihrer Grösse entsprechenden Aequivalent eines andern von ihr angeregten Processes fortdauert. Auf den lebendigen Körper nun wirken in jedem Augenblicke seines Bestehens eine grosse Anzahl physischer Kräfte ein, von deren Wirkungen uns häufig nur ein kleiner Theil zu Gesicht kommt, während der grösste Theil auf unbeobachtbare Weise aufgezehrt wird. Ich habe nicht die Absicht, das Schicksal dieser Einflüsse von jenem umfassenden Standpunkte aus zu verfolgen, der, für die Physik wichtig, auch in Beziehung auf die organischen Körper von Helmholtz (Die Erhaltung der Kraft, 1847.) angedeutet worden ist. Wohl

aber scheint es nothwendig, auf den physiologischen Werth einzugehn, den die hierbei vorkommenden freilich nach den Vorlagen unserer Erfahrung nur äusserst unvollkommen zu beurtheilenden Verhältnisse haben dürften.

413. Wir würden einer Maschine eine sehr rohe Construction vorwerfen, wenn sie für jeden der einzelnen Zwecke, die sie zu erfüllen hat, einer besondern, durch einen eigenen technischen Eingriff herbeizuführenden Mittheilung von Kraft bedürfte. Wir würden sie für vollkommner halten, wenn sie so gebaut wäre, dass sie die veränderten Zustände, in welche sie anfänglich für einen einzigen bestimmten Zweck gebracht wurde oder die neue Lage und Bewegung, in welche sie durch die Arbeit für diesen Zweck versetzt wird, sogleich weiter wirkend zur Bewältigung einer andern Arbeit zu verwenden vermöchte. Käme hinzu, dass sie auch die unbeabsichtigten aber unvermeidlichen Nebeneffecte ihrer Thätigkeit, die Abnutzung ihrer eignen Substanz, möglichst nutzbar zu machen und zur Fortdauer ihrer Wirkungsfähigkeit zu verwenden wüsste, so würden wir darin eine neue, in dem Bau unserer modernen Maschinen in der That zum Theil erreichte Stufe der Vollkommenheit erblicken. In allen diesen Beispielen haben wir jedoch die Maschine als entzogen allen den zufälligen Einflüssen gedacht, die mit ihrer Function nicht verknüpft sind. Das vollendetste Beispiel eines sinnvollen Massensystems würde dagegen dasjenige sein, welches die zufälligsten und formverschiedensten Einwirkungen von aussen nicht nur zu überdauern, sondern ihnen zugleich einen benutzbaren Effect für seine eigenen Zwecke abzugewinnen vermöchte.

414. Wir haben gewiss ein Recht, alles, was in dem Baue einer Maschine geleistet werden kann, als in dem Organismus verwirklicht zu betrachten. Dennoch überzeugt uns sowohl die Erfahrung, dass er diese letzte Aufgabe in ihrer Allgemeinheit nicht erfüllt, als auch eine einfache Ueberlegung, dass sie an sich unerfüllbar ist. Ein perpetuum mobile, das unter allen denkbaren Umständen entweder sich erhielte, oder noch überdies durch sie gefördert würde, ist unmöglich; die allgemeine Vergänglichkeit des Organischen durch äussere Einflüsse, noch ehe es an das typische Ziel seiner Entwicklung gelangt ist, bestätigt hinlänglich, dass der lebendige Körper jene unbeschränkte

Fähigkeit der Selbsterhaltung nicht besitzt. Gleichwohl ist die Kraft, mit der er zahllosen Einflüssen von aussen gegenüber seine Entwicklungsweise bewahrt, so gross, dass wir immerhin eine beträchtliche Summe solcher glücklichen Umstände voraussetzen müssen, durch welche die äusseren Einwirkungen für seine Zwecke transformirt werden. Viele Unklarheiten unserer Erfahrung werden uns zwar verhindern, diese Betrachtung auf die meisten der zufällig von aussen eindringenden Kräfte auszudehnen; was dagegen diejenigen betrifft, die der lebendige Körper selbst regelmässig dem Gesetze seines Lebens gemäss ausübt, oder die er als adäquate Reize voraussetzt, müssen wir es wohl als einen Grundsatz seiner Oekonomie ansehn, dass möglichst wenig von ihnen für die Zwecke des Lebens verloren geht.

415. Wir haben früher schon des Unterschiedes unmittelbarer physischer und mittelbarer vitaler Compensationen gedacht. Entfernen wir auch jetzt einstweilen den Gedanken an die letztern und fragen wir, wie abgesehn von aller Regulation durch Centralorgane äussere Einwirkungen ausgeglichen werden. Gegen keinen Einfluss ist der Körper so bloss gestellt, als gegen mechanische Gewalt des Druckes, des Stosses, der Erschütterung. Höhere Grade dieser Eindrücke erscheinen stets schädlich, doch leitet der Körper eine Heilung etwa verursachter Trennungen der Continuität allerdings durch unmittelbare physische Compensation ein, indem jede Zerreissung des Gewebes den Austritt plastischer Flüssigkeiten und die Bildung eines Cytoblastems verursacht, dessen weitere Gestaltung freilich nicht ohne Mitwirkung des Nervensystems zu geschehen scheint. Geringere Erschütterungen dagegen müssen wir bei Pflanzen wie bei Thieren als aufgenommen in den Plan des Lebens ansehn, bei diesen als unvermeidliche Folgen der Muskelbewegung, bei jenen als Nebenumstände, welche mit dem Genusse des adäquaten Lebensreizes, der atmosphärischen Luft, gleich unabtrennbar verbunden sind. Ein grosser Theil dieser zugeführten Erschütterungen geht nun allerdings nutzlos verloren, der Organismus theilt seine Bebungen dem Boden und der umgebenden Luft mit, ein anderer Theil der Bewegung wird auf Erzeugung von Schallschwingungen, ein kleinerer vielleicht noch auf Bildung von Wärme verwandt. Dennoch scheint ein Antheil nutzbar zur Unterstützung der Saftbe-

wegung oder zur günstigen Umänderung der Cohäsionskräfte der Elementartheile beizutragen. Nicht allein für den Thierkörper ist Muskelbewegung eine Förderung des Stoffwechsels; mit Recht hält der gemeine Glaube auch für die Pflanzen die Frühjahrsstürme für dienlich, indem sie theils, den Stamm wie ein Hebelende angreifend, den Wurzeln eine Bewegung zur Lockerung des Bodens mittheilen, theils durch Sprengung einzelner Rindenparzellen oder durch andere moleculare Veränderungen des Gewebes den spätern Vegetationsprocessen Vorschub leisten.

416. Auf welche Weise der Körper dem Einfluss der Imponderabilien begegnet und ihn theilweis benutzt, theilweis ausgleicht, haben wir an dem Beispiel der Wärme gesehen. In kleinen Zeiträumen und innerhalb mässiger Grenzen reichte eine physische Compensation hin, um ihre Einwirkung auf die tiefer liegenden Theile zu verhüten. In welcher Form dagegen im thierischen Körper die selbsterzeugte Wärme zu vitalen Zwecken benutzt wurde, blieb uns unklar. Auch von der Pflanze können wir nur nachweisen, dass sie beständig einen grossen Theil zugeführter Wärme durch Verdampfung bindet; der Effect der übrigen kann nur in der Beschleunigung der Vegetation wiedererscheinen, aber unbekannt sind alle nähern Hergänge dieses Verlaufs. Die Einwirkungen des Lichtes treffen Pflanzen und Thiere mit grosser Beständigkeit; aber abgesehen von zweifelhafter Vermehrung geistiger und körperlicher Lebendigkeit im Allgemeinen scheinen sie sich in Hervorbringung gewisser chemischer Wirkungen zu erschöpfen, meist darauf gerichtet, die Durchsichtigkeit der organischen Substanz zu beseitigen. Das Auge lehrt uns, dass im Allgemeinen die Wirkungsfähigkeit des Lichts auf die gewebbildende eiweissartige Substanz sehr bedeutend ist; bestände der Körper überall aus durchsichtigem für das Licht gleich empfänglichem Gewebe, so würden wir von ihm gleich grosse Wirkungen, wie von der Wärme zu erwarten haben. Der Bau vieler Thiere, namentlich vieler im Wasser lebenden niedern Klassen gestattet diesen Einfluss; theils ist jedoch ihre gallertartige durchsichtige Körpersubstanz chemisch von der der höhern Klassen wahrscheinlich verschieden, theils können sehr bedeutende Effecte der Lichtwirkung vorhanden sein, die uns wegen der Unbekanntheit ihrer Lebensweise entgehn. Möglich wäre es,

dass in diesen Geschöpfen das Licht den vitalen Reiz ersetzte, den für höhere Klassen die Wärme bietet, die den meisten jener kleinen Wasserbewohner nur spärlich zukommt. Die Bildung der Pigmente also ist die wesentlichste Wirkung, die wir vom Lichte in den höhern Organismen kennen, und sie scheint dazu bestimmt zu sein, nicht nur die Lichtwirkung auf das Innere überhaupt zu hemmen, sondern namentlich auch durch verschiedenfarbige Bedeckungsschichten bestimmte qualitative Unterschiede ihres Einflusses hervorzurufen. Dies würde von Pflanzen wie von Thieren, von diesen so wie von den Menschenracen gelten. Diesen Bemerkungen ist es ganz unmöglich, irgend etwas über die Verwendung elektrischer und magnetischer Reize hinzuzufügen. Wir kennen weder die Gelegenheiten, bei denen wir ihnen ausgesetzt sind, noch die Formen, unter denen ihre Wirkung auf uns eindringt und beseitigt wird.

417. Gehen wir nun von dieser Nutzbarmachung äusserer Einflüsse zu den Leistungen über, die der Körper seinem Lebensplane gemäss zu erzeugen hat. Wir erinnern uns, dass ihm, wie früher schon ausführlich dargethan wurde, zu diesen Leistungen keine eigenthümlichen Mächte zu Gebot stehen, dass er vielmehr stets sich der physischen Kräfte seiner Molecule zu bedienen hat. Zwei Umstände bestimmen die eigenthümliche Form der Wirkungen, die er durch sie erzielt: zuerst die architectonische Gestalt der Verbindung, in welcher die Massen des Körpers durch den Bildungsprocess zusammengelagert, mit der Mannigfaltigkeit ihrer innern physischen Verhältnisse ruhend dem ankommenden Anstoss entgegensehen, dessen Erfolg je nach Verschiedenheit dieser Verhältnisse überraschend vielfache Rückwirkungen erzeugen kann; anderseits die bestimmten Bewegungszustände, welche das Leben des Ganzen in allen seinen einzelnen Theilen unterhält, und durch welche sie ebenso die Richtung des Erfolgs auf eigenthümliche Weise bestimmen. Beide Umstände ertheilen der ausgeübten Wirkung den Character vitaler Kraftäusserungen, einen Namen, den wir dem unrichtigen der Aeusserung vitaler Kräfte gegenüberstellen. Denn nicht die Kräfte sind vital im Gegensatz zu physischen, sondern ihre Anwendungen sind es, indem sie von dem Baue und der schon bestehenden Bewegung des Substrats abhängen, welches der neue

Reiz trifft. In beiden Fällen ist jedoch der Unterschied noch festzuhalten, den wir oben zwischen physischen und vitalen Compensationen erwähnten. Wo die einmal gegebenen Verhältnisse des Körperbaues hinreichen, um lediglich unter dem Einfluss des Reizes und ohne hinzukommende Mittheilung einer Bewegung von organischem Ursprunge die verlangte Wirkung zu begründen, wird sich der Körper dieses Mittels auch bedienen; die Regulirung der Processe durch solche organische Bewegungen dagegen sehen wir nur im Falle seines Ungenügens auftreten.

418. Contraction der Muskeln und Nervenwirkung sind zwei Vorgänge, die ohne Massenverbrauch und daher ohne neu entstehende Bedürfnisse des Wiederersatzes nicht zu Stande kommen. Sobald Bewegungen im Körper, ohne von äussern Reizen auszugehn, mit regelmässiger Abwechslung oder unregelmässig auf psychische Anstösse erfolgen sollen, müssen sie beide als Anfangspunkte wenigstens für die zu erzielende Wirkung benutzt werden; aber sie werden möglichst gespart und der Fortgang der angeregten Wirkung so viel als möglich den blos physischen an dem Stoffe der Gewebe haftenden Kräften überlassen. Dies ist deutlich sichtbar in vielen Bewegungsprocessen, in welchen eine Masse abwechselnd in diesem und darauf in umgekehrtem Sinne bewegt wird. Das pulsirende Herz vollzieht seine Systole durch Contraction, seine Diastole nicht durch eine entgegengesetzte vitale Wirkung, sondern durch die physische Elasticität seiner Substanz; jeder Muskel überhaupt erreicht seine frühere Ausdehnung nach dem Momente der Contraction von selbst ohne vitale Beihilfe. Die Ausdehnung der Lungen wird durch die Contraction der Respirationsmuskeln bewirkt, die Ausathmung durch die spontane elastische Zusammenziehung des erweiterten Lungengewebes begünstigt. Wie viele Arbeit durch günstige Verhältnisse des Baues den Muskeln während des Gehens abgenommen wird, haben die scharfsinnigen Untersuchungen der Gebrüder Weber über die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge dargethan. Eine Pendelschwingung, die ohne vitales Zuthun von selbst erfolgt, führt das im Schritt zurückstehende Bein an dem vorgesetzten vorüber bis zu dem Punkte des neuen Auftretens; der Körper selbst erlangt durch den Gang eine Geschwindigkeit nach vorwärts, die nur noch seine Stützung und die Streckung des

weiter fortschreitenden Beines den lebendigen Muskelcontractionen überlässt. Während des aufrechten Stehens wird das Kniegelenk nicht durch die Anstrengung der Muskeln, die seine Streckung herbeiführten, in dieser erhalten, sondern Ober- und Unterschenkel machen nach vorn einen geringen stumpfen Winkel, und die Kreuzbänder des Kniegelenks halten dieser Neigung durch ihre physische Festigkeit das Gegengewicht. Der Vogel, der auf einem Beine schläft, trägt sein Gewicht nicht durch beständige Muskelanstrengung; die Sehne der Beugemuskeln seiner Klauen über die äussere Seite der Gelenke seines Beines verlaufend, wird durch den Druck seines Gewichtes, nicht durch Contraction ihres Muskels angespannt; damit krümmen sich die Klauen und umfassen den tragenden Ast.

419. Ueberall sehen wir hier jene wesentlichsten lebendigen Processe zwar zur Anregung, aber nicht zur völligen Durchführung der Leistungen verwandt, diese vielmehr grossentheils der physischen Reaction der durch vitale Wirkung veränderten Beziehungen der Massen übertragen. Man könnte versucht sein, die reichliche Benutzung des elastischen Gewebes im Gefässsystem ebenfalls hierher zu rechnen. In der That ist sie eine Kraftersparniss im Vergleich mit dem Aufwande an vitaler Wirkung, den die Anwendung organischer Contractilität, die dem Gefässsystem noch nebenbei für andere Zwecke zukommt, mit sich gebracht hätte. Im Uebrigen ist jedoch die Verwendung der Kräfte im Gefässsytem eine ungünstige, die nur durch festzuhaltende andere Zwecke erklärlich wird. Die Stetigkeit und Gleichförmigkeit des Blutlaufs durch die Capillaren nämlich machte die Anwendung starrer Röhren unmöglich, und forderte dagegen die elastischen Kanäle. Von der Kraft des Centralorgans, welche bei starren Röhren fast einzig auf die Fortstossung der Last des Blutes verwandt worden wäre, geht bei der wirklichen Einrichtung viel für diesen Zweck nutzlos verloren; denn jede Lagenveränderung der sich schlängelnden und dabei mannigfacher Reibung unterliegenden Arterie, jede pulsirende Bewegung, die sie einem ganzen Gliede mittheilt, ist eine Wirkung dieser Herzkraft und bezeichnet folglich einen Theil ihrer Grösse, der zur Bewegung des Blutes nichts beiträgt. Es ist möglich, ja wahrscheinlich, dass diese für den nächsten Zweck verlorenen Wirkungen doch nicht

ganz für den Organismus verloren sind, dass sie vielmehr Erschütterungen der kleinsten Theilchen bedingen, welche dem Stoffwechsel einigen Vorschub leisten. Anderseits kommen der Herzkraft allerdings in der wirklichen Einrichtung auch wieder Umstände zu Gut, namentlich der, dass sie weniger, als sie es bei starren Röhren thun müsste, als momentaner Stoss wirkt. Dagegen darf man nicht glauben, dass die Elasticität der Arterien an sich dem Herzen seine Arbeit erleichtere, so dass die kleinere Blutquantität, die sich am Anfange der Aorta befindet, durch Erweiterung der Wandungen aus dem Wege zu schaffen und das Uebrige der rückwirkenden Elasticität zu überlassen, ihm etwa leichter fiele, als die ganze Blutsäule des Gefässsystems auf einmal direct um eine gewisse Strecke fortzustossen. Das Herz findet vielmehr das Blut am Anfange der Aorta unter einem Drucke stehend, der schon hier am Beginn des Gefässsystems die ganze vereinigte Kraft der Widerstände repräsentirt, die bei seiner Fortbewegung überhaupt zu überwältigen sind.

420. Wir wenden uns jetzt zu den Nervenwirkungen selbst. Was die Erregungen motorischer Nerven betrifft, so kann ihr Anfang, im Fall sie von psychischen Ursachen ausgehn, einen Fragepunkt bilden, den zu erläutern wir jedoch der Psychologie überlassen müssen; ihre Ausgleichung dagegen ist nicht schwer zu sehen. Die Contraction der Muskeln selbst ist die Form der Bewegung, in die sie sich umwandeln, und diese scheint weiter sich theils in Wärmeerzeugung, theils in chemische Processe zu verlieren, abgesehn ganz von der Mittheilung der Bewegung nach aussen, durch welche die Glieder einen grossen Theil ihrer Aufgabe erst erfüllen. Umgekehrt verhält es sich mit den Erregungen sensibler Nerven; woher sie stammen, ist klar, was aus ihnen wird, sehr unklar. Es ist nicht glaublich, dass sie durch unterschiedlose Mittheilung der Bewegung an alle Umgebungen zuletzt verschwinden; die isolirte Leitung in den Primitivfasern deutet im Gegentheil an, dass ihre Form dieser Zerstreuung widerstrebt. Wohin verlieren sich nun alle diese unzähligen zum Theil so starken Eindrücke, denen unser sensibles Nervensystem jeden Augenblick ausgesetzt ist? Ich glaube nicht, dass diese Frage sich mit Sicherheit entscheiden lässt, doch gibt es einige Spuren, die wir verfolgen können. Nutzte die

Function den Nerven in keiner Weise ab, so würde jeder empfangene Eindruck so lange andauern, bis er irgendwo im Nervensysteme eine Gelegenheit fände, durch Mittheilung der Bewegung nach aussen sich zu zerstreuen. Jene Abnutzung findet aber statt, wir können daher vermuthen, dass der sensible Nervenprocess sehr bald durch Umformung in chemische Processe und Entfernung der Producte im Stoffwechsel unmerklich wird. Aber wir können nicht glauben, dass dieser Uebergang schnell genug geschieht, um jeder Erregung angemessen zu sein; andererseits besitzt das Nervensystem, innerhalb dessen sich zu verbreiten die Erregung die wenigsten Schwierigkeiten findet, zwei Möglichkeiten, sich von übermässigen Grössen der Irritation zu befreien, die Muskelbewegung und die Absonderung. In beiden scheint sich uns allerdings ein Aequivalent der im sensiblen Nerven verschwundenen Erregung nachweisen zu lassen.

421. Die Natur hat die erste Art der Ausgleichung sensibler Erregung, ihre Uebertragung nämlich auf motorische Nerven, nicht nur höchst ausgedehnt verwirklicht, sondern zugleich das Unvermeidliche zum Bessten gekehrt. Zwar nicht immer, aber überall, wo die Function eines Organs dazu Veranlassung gab, erscheinen diese Reflexbewegungen nicht nur als Krisen der Erregung in den sensiblen Nerven, sondern zugleich als Auslösungen nützlicher Leistungen. Ein heftiger Lichteindruck bringt sofort Schliessung der Augenlider hervor; mässige Farbenreize erzeugen in den Elementen der Retina Erregungen, die ohne Zweifel dadurch ausgeglichen werden, dass sie die feinen Bewegungen des Auges veranlassen, mit denen es einen erschöpfenden Reiz flieht und seine Axe auf erfrischende qualitativ neue Eindrücke richtet. Dem Gehörnerven scheint kein so lenksamer Muskelapparat eigen zu sein, durch dessen Erregungen er seine eigenen beruhigt; doch dürften leicht theils die Stimmorgane, theils die gesammten Körpermuskeln, in denen wenigstens jede rhythmische Musik so leicht Bewegungstriebe hervorbringt, eine Ableitung jener Erregungen enthalten. Geruchs- und Geschmacksnerv können ihre Erregungen leicht auf Theile des sympathischen Systems übertragen, was die Bewegungen der Eingeweide auf ekelhafte Eindrücke wahrscheinlich machen. Die Hautnerven, wo sie einzeln gereizt werden, stehen mit einzelnen Partien der motori-

schen Cerebrospinalnerven in jenem aus zahllosen Experimenten bekannten Zusammenhange, nach welchem Reizung einer Hautstelle die Bewegung einer benachbarten Extremität nach ihr hin veranlasst, Berührung der Hohlhand ihre Schliessung hervorruft und Aehnliches. Ueberraschende Reize dagegen, welche eine grosse Hautfläche zugleich betreffen, oder intensive Schmerzen der äussern und der innern Theile, bringen besonders deutliche Nachwirkungen in den Bewegungen des Athmens und der Circulation hervor.

422. In dieser Klasse der Nachwirkungen lässt sich eine weitere teleologische Benutzung nicht mehr so deutlich nachweisen; sie scheinen hauptsächlich nur zur Ausgleichung der sensiblen Erregung selbst bestimmt. Zwar könnte man in dem Schreien bei Schmerzen eine zweckmässige Darbietung eines Ausdrucksmittels innerer Zustände sehen, dessen sich die Ueberlegung weiter bedient, um durch Gedankenmittheilung eine Hilfe zu suchen, die nicht unmittelbar durch organische Processe geleistet wird. Dagegen können wir in der eiligen, fliegenden und oberflächlichen Respiration so wenig als in der keuchenden oder seufzenden, wie sie so oft bei körperlichen Schmerzen und im Verlaufe von Gemüthserschütterungen vorkommen, eine nützliche Wirkung vermuthen; die Grösse der chemischen Processe wird vielmehr wahrscheinlich durch sie nicht gefördert, und doch könnten wir nur in einer Steigerung der Ernährung, welche die Kraft der Nerven zur Ertragung der Leiden entsprechend erhöhte, einen rückwirkenden Nutzen dieser Bewegungen sehen. Einen grossen ausgleichenden Effect dagegen führen die Veränderungen der Respiration gewiss herbei. Sie sind in der Art, wie sie bei Schmerzen geschehen, bedeutende Muskelanstrengungen und eine ansehnliche Grösse sensibler Erregung kann sich in ihrer Hervorbringung erschöpfen. Dass zu dieser Leistung gerade die Athemmuskeln berufen sind, rührt nicht davon her, wie mir scheint, dass sie vermöge ihrer specifischen Function noch bestimmte nützliche Zwecke nebenbei erfüllten, sondern davon, dass eben die Respiration eine Bewegung ist, die unendlich variirt werden kann, ohne die Grösse der Function sehr zu verändern. Der Gastausch in den Lungen kann leicht ganz derselbe bleiben, während Frequenz, Tiefe und Form der Athemzüge auf das Viel-

fachste wechseln, und einen Muskelaufruhr hervorbringen, dessen Effecte in Bezug auf jenen bestimmten Punkt sich untereinander ausgleichen. Mechanisch sind daher die Athmungsorgane der passendste Weg dieser Zerstreuung der Erregung; sie sind es auch ästhetisch; denn da ihr grösster Aufruhr doch nichts sichtbares schafft und keine Andeutung einer bestimmten Handlung enthält, so drücken sie um so deutlicher nur die intensive Grösse der inneren Aufregung aus. Die Veränderungen der Herzbewegung, die gleich denen des Athmens von sensiblen Reizen aller Körpertheile so leicht ausgehn, weiss ich teleologisch nicht weiter zu deuten; denn weder ihre Wirkung zur Beschleunigung bei Schmerzen, noch die zur Sistirung des Kreislaufs, wie in der Ohnmacht, ist auf bestimmte Weise mit den Bedürfnissen des leidenden Körpers zu vereinigen.

423. Wie oft Secretionen durch sensible Reize beschleunigt werden, ist kaum nöthig zu erinnern; die Thränen, der Speichel, der auf manche eingreifende Geschmacksreize mit Hast abgesondert wird; und so manche Secretionen, die bei nervösen Leiden mit grosser Präcipitation auftreten, geben hinlängliche Andeutungen für diese Ausgleichungsweise der Erregungen. Aber nicht die Absonderungen nach aussen allein, sondern auch die ernährende Secretion scheint nach der Grösse derselben sich richten zu können. Uebersieht man nun alle diese Verhältnisse, so bemerkt man wohl, dass von den äussern Reizen, die auf den Körper eindringen, nur wenige so spurlos verschwunden gehn, dass man nicht in irgend einer nachfolgenden Erscheinung ein Aequivalent der Bewegung wiederfände, die sie ihm mitgetheilt haben. Aber die Reize treffen den lebendigen Körper nicht als blosses Massenaggregat an, dessen Erschütterungen sich gleichförmig und unbestimmt nach allen Seiten zerstreuen, sondern sie finden ihn als ein organisirtes Ganzes, das verletzbar nach bestimmten Richtungen, nach andern mehr widerstehend, die empfangenen Eindrücke der Form nach umwandelt, und sie erst, nachdem sie möglichst für die Zwecke des Lebens benutzt sind, durch Mittheilung an die Umgebung wieder entlässt. So werden die eindringenden Sinnesreize zur Anregung der Bewegungen verwandt, diese zum Theil zur Begünstigung chemischer Processe und erst in den Producten dieser tritt die Wirkung der empfan-

genen Eindrücke wieder in die Aussenwelt zurück. Gleichwohl reicht das Bemerkte nur hin, um das Vorhandensein einer solchen eigenthümlichen Regulation zu beweisen; ihre Grenzen und ihre Wege sind uns in vielen Punkten noch ganz dunkel. Nicht nur Sinnesempfindungen, sondern auch Gedankenlauf und intellectuelle Gefühle bringen Erregungen der Centralorgane hervor, deren Ende wir nicht kennen; dass sie auf Thätigkeiten des Stoffwechsels und der Gestaltbildung sich vertheilen, scheint die unleugbare Wirkung dauernder Gemüthsstimmungen auf beide anzudeuten. Wären uns alle diese Verhältnisse bekannt, so würde es möglich sein, die Gesammtheit sensibler Processe der Totalität der motorischen und der Gruppe der vegetativen gegenüberzustellen, und ihren gegenseitigen Einfluss im Ganzen und Grossen überblickend, den ersten Grund zu jener Statik der lebendigen Functionen zu legen, welche die naturphilosophische Schule in ihren Träumen über die Beziehungen zwischen Sensibilität, Irritabilität und Reproduction schon vollendet zu haben glaubte.

424. In zwei Punkten bieten diese unsere Betrachtungen etwas principiell Zweifelhaftes. Die Physiker freilich werden den ersten dieser Zweifel nicht theilen; sie scheinen überzeugt, dass jede räumlich zeitliche Bewegung der Massen nur durch eine andere gleiche und entgegengesetzte vernichtet werden könne, und daher eben rührte die Aufgabe, jede einmal entstandene Bewegung durch alle ihre Formveränderungen hindurch bis zu ihrem endlichen Uebergang aus dem Organismus an die Aussenwelt oder bis zu ihrer Aufhebung durch entgegengesetzte zu verfolgen. Ich bin von der unbedingten Richtigkeit dieses Grundsatzes nicht vollständig überzeugt; der Möglichkeit vielmehr, dass räumliche Bewegungen durch Uebergang in intensive Zustände des Realen absorbirt werden können, weiss ich aus Gründen naturphilosophischer Anschauung durch keinen beweisenden Gegengrund zu begegnen. Aber die Erörterung dieses Punktes, der nur in der Mechanik physisch-psychischer Processe zu beachten scheint, müssen wir einem andern Orte vorbehalten. Den zweiten Einwurf werden die Physiologen erheben, indem sie mit Recht bemerken, dass unsere Zusammenstellung der Erscheinungen nur eine combinirende Deutung ist, die weder bewiesen noch bestimmt widerlegt werden kann. Wir haben wohl alles

gethan, was uns obliegt, wenn wir dies vollständig zugestehen; einen grösseren Werth als den, den ihnen dieser Einwurf immer noch zugesteht, nehmen wir für unsere Betrachtungen nicht in Anspruch. Nur dies möchten wir bitten, dass man die physiologische Nothwendigkeit nicht überhaupt verkennt, die in dem Zusammenhang dieser Processe, z. B. der sensiblen und der motorischen obwaltet, und dass man an seine Stelle nicht eine unbestimmte psychische Verknüpfung setzt. Der Schrei des Leidenden ist keine Handlung, die aus psychischen Motiven folgt; sie gehört gewiss zur nothwendigen Verkettung physiologischer Processe. Man kann davon abstehen, sie auch noch teleologisch zu deuten; ich bin dagegen von der Möglichkeit dieser Deutung überzeugt. Der Stoicismus des Indianers, der unter den grausamsten Martern schweigt, ist eine That der Seele und ein furchtbarer Zwang für die natürliche Oekonomie des Körpers. Die Erregung der sensiblen Nerven nimmt durch diese Selbstbeherrschung nicht ab; die Gewalt, mit der sie auf die Muskeln wirkt, dauert ungeschmälert fort; durch ein neues Aufgebot von Anstrengung muss die Ausgleichung, die ihr die Bewegung gewähren würde, noch einmal verhindert werden. Es hat einen grossen Reiz, das ästhetisch Bedeutsame des Lebens oder die psychisch nothwendigen Veranstaltungen mit unvermeidlichen mechanischen Verhältnissen zusammenhängen zu sehn. So ist die Sprache nicht allein eine Erfindung des Menschen, sondern in der Anregung der Stimme durch innere Zustände überhaupt liegt ein natürlicher Trieb zu ihrer Erfindung und Benutzung; und selbst dieser Trieb ist von der Natur nicht blos willkührlich an jene innern Zustände geknüpft, sondern enthält zugleich die unentbehrliche mechanische Ausgleichung, die sie erfordern.

§. 36.

Von der Regulation durch die Centralorgane.

425. Nach den vorigen Betrachtungen, welche die physischen Verbreitungsweisen der Erregungen soweit als möglich verfolgten, haben wir uns endlich dieser letzten Frage zuzuwenden, auf welche Art die Thätigkeiten der einzelnen Theile zu dem Ganzen zusammenstimmender Functionen verbunden sind. Die Zweckmässigkeit in der Verknüpfung der Lebensäusserungen,

ihren rhythmischen Verlauf und die periodische Wiederkehr auf einander berechneter Zustände hat schon die Physiologie der früheren Zeit von den nervösen Centralorganen erwartet, aber ungewöhnt, die näheren Bedingungen eines zusammengesetzten Ereignisses zu analysiren, hat sie die Form, in welcher die Centraltheile hier thätig sind, unbestimmt gelassen, die Grösse ihres Beitrags ohne Zweifel falsch bestimmt. Wir können den Centralorganen nicht eigenthümliche vitale Kräfte zuschreiben, sondern nur in ihrem Baue und den beständig in ihnen stattfindenden Vorgängen den Grund sehen, aus dem sie eindringenden Reizen die besondere zweckmässige Bahn ihres weitern Wirkens vorschreiben, und eine Mannigfaltigkeit combinirter Processe durch einen einzigen Anstoss in Bewegung setzen. Am wenigsten dürfen wir in den Centralorganen allein die fertig aufgehäufte Kraft suchen, aus deren Mittheilung an die einzelnen Theile nicht nur der Anreiz zu ihrer Function, sondern auch deren Grösse und Form allein hervorginge.

426. Unter den grossen Verdiensten, die Volkmann sich um die Nervenphysiologie erworben hat, ist nicht das kleinste die Klarheit und Eindringlichkeit, mit welcher er diese Belehnung der Körpertheile mit der Form ihrer Lebensäusserungen durch die Centralorgane bekämpft hat. Doch kann ich nicht läugnen, dass diese sehr berechtigte Polemik mir über die nothwendigen Grenzen etwas hinauszugehen und mindestens manches für unmöglich zu erklären scheint, was höchstens unwahrscheinlich ist. Motorische Nerven, die von den Centralorganen getrennt worden sind, hat man nach einiger Zeit ihre Reizbarkeit einbüssen sehen, obgleich neuere Wahrnehmungen den Termin dieses Erlöschens mindestens weiter hinausrücken, als er sonst angenommen wurde. Man hat diese Beobachtung dahin gedeutet, dass das motorische Vermögen das Residuum einer Kraft sei, welche von den Centralorganen herstamme; das Verschwinden der Reizbarkeit erschien dem Versiegen eines Stromes vergleichbar, dem die nährenden Quellen abgeschnitten sind. Diese Deutung findet Volkmann gezwungen und unwahrscheinlich. (Wagners HWBch. II, 491). Er fragt: warum erschöpft sich die motorische Kraft, wenn sie vom Rückenmark zuströmt, so spät, und verschwindet nicht nach Analogie des Tonus im Momente der Nerventrennung? Diese

Frage ist nicht schwer durch eine einfache Hypothese wenigstens zu beantworten; den Tonus nämlich würden wir für einen mitgetheilten Bewegungszustand erklären, der wie die meisten Thätigkeiten der Nerven in dem Augenblicke erlischt, in welchem der Nerv von dem bewegungsmittheilenden Körper, den Centralorganen getrennt wird. Die sich länger erhaltende Reizbarkeit ist keine Bewegung, sondern eine Fähigkeit, welche aus der Mittheilung wirkungsfähiger Massen von dem Centralorgan her dem Nerven erwächst; sie erhält sich so lange bis diese Massen sich zerstreut haben. Ganz ähnlich kann man die strahlende Wärme augenblicklich durch einen undurchgängigen Schirm absperren, welcher die langsamere Mittheilung derselben von Molecul zu Molecul nicht hindert. Gerade diese Uebertragung von Stoffen, seien es auch imponderable, von den Centralorganen an die Nerven, scheut jedoch Volkmann; sie sei eine Vermuthung, die durch keine Erfahrung unterstützt werde. Dies ist freilich wohl wahr, allein eine Vermuthung ist auch gerechtfertigt, wenn sie einen nothwendigen Rückschluss von den Erfahrungen aus enthält. Die entgegengesetzte Vermuthung, dass die motorische Fähigkeit eine Eigenschaft des Nerven und das Product einer localen Nutrition sei, hat keine grössere Wahrscheinlichkeit; der Blutreichthum der Centralorgane im Vergleich mit der Armuth des Nervenverlaufs scheint mehr für eine Nutrition der ersten zu sprechen, deren Gewinn durch Mittheilung dem peripherischen Stamme zu Gute komme. Die Thatsache, dass bis zur Erschöpfung gereizte durchschnittene Nerven oft nur einiger Ruhe bedürfen, um wieder reizbar zu werden, beweist nicht für Volkmann, eher für uns. Denn in diesem Experiment befindet sich der Nerv sicher nicht unter den Bedingungen einer normalen Nutrition; stellt sich daher seine Reizbarkeit wieder ein, was nie vollkommen geschieht, so können wir dies nur von einer gewissen Elasticität seiner Verhältnisse ableiten, durch welche die normale Lagerung oder irgend welche andere normale Beziehung seiner Elemente nach der Erschütterung durch den Reiz wiederhergestellt wird. Dies kann so oft geschehn, bis die ihm von den Centralorganen überlieferten Stoffe aufgezehrt, zerstreut oder zu selten geworden sind, um die nöthige Spannkraft zur Wiedererlangung ihres normalen Zustandes zu äussern.

427. Die Polemik Volkmanns geht von der Anschauung aus, dass das Centralorgan nicht dem sensiblen Nerven empfindende, dem motorischen bewegende, dem trophischen chemisch umgestaltende Kraft mittheile, dass vielmehr der Grund für diese bestimmte Wirkungsform jeder Nervengattung und jedes einzelnen Nerven in seiner eignen Structur und Mischung liege, so dass das Centralorgan nur immanente Kräfte der Nerven durch überall vielleicht gleichartige Anstösse in Bewegung setze. Diese an sich richtige Vorstellung gestattet jedoch, ohne unrichtig zu werden, noch weitere Unterscheidungen. Es ist nicht nothwendig, dass die ponderable Masse des Nerven alle Bedingungen seiner specifischen Thätigkeit ausser etwa jenem einzigen noch fehlenden Anstoss, enthalte; es ist vielmehr wohl möglich, dass noch eine Ladung mit einem zweiten wirkungsfähigen imponderablen Stoff vom Centralorgan aus erfordert wird, um die zu jeder Wirkung nöthigen Substrate zu vervollständigen. Es ist drittens nicht nothwendig, dass die specifische Form der Wirkung eines Nerven einzig und allein von seiner eignen Natur abhänge und von den Centralorganen nur noch den letzten in Gang setzenden Anstoss erwarte; vielmehr kann viertens die Art, in welcher dieser Anstoss erfolgt, seine Grösse, Frequenz, der Rhythmus seiner Wiederkehr leicht einen Antheil an der besonderen Form haben, in welcher selbst jeder momentane Act der nervösen Thätigkeiten sich in jedem einzelnen Gebiete äussert. Indem wir diese Möglichkeiten berücksichtigen, können wir nicht mit Volkmann die Ansicht entschieden zurückweisen, nach welcher Gehirn und Rückenmark Quellen der Kraft, d. h. freilich nur Quellen eines wirkungsfähigen den Nerven mitzutheilenden Stoffes sind, zu dessen Menge sich die Grösse der ausübbaren Nerventhätigkeit in irgend einer Weise proportional verhält. Allerdings aber sind uns die Centralorgane weit wichtiger in Bezug auf die Verkettung der einzelnen Processe, durch welche sie ungeordnet andringende Reize auf zweckmässige Weise mit bestimmten Rückwirkungen verbinden.

428. Auf Alles freilich, was von dem geistigen Leben untrennbar ist, werfen wir hier nur einen flüchtigen Blick. Es genügt zu bemerken, dass die Structur der Centralorgane überall darauf ausgeht, die Anregung ganzer Gruppen von Bewegungen

durch einen einzigen Impuls möglich zu machen. Auf vielfach verschiedene Weise scheinen daher die motorischen Nerven, je nachdem derselbe Muskel gleichwichtig für verschiedene Bewegungsgruppen mitwirkt, unter einander zusammenzutreten, und jede dieser Verflechtungen durch aufwärts laufende Fäden mit dem Gehirn in Verbindung gesetzt zu sein. Kreuzungen der Fasern in ihrem Verlauf auf diesem Wege, Uebergang einiger von rechts nach links, während andere gerade fortgehn, sind bestimmt, diese Leitung gegen mögliche Störungen zu schützen. Ein anderes Augenmerk richtet die Natur darauf, Bewegungen, die zwar durch willkührliche Muskeln ausgeführt, doch nicht den Zwecken des Willens, sondern dem unveränderlichen Plane der Oekonomie gemäss erfolgen sollen, an Einflüsse zu knüpfen, welche dem Willen gleichfalls entzogen sind, an Reize sensibler Nerven z. B., die im Verlaufe der organischen Thätigkeiten nothwendig entstehn. Diese letztern Bewegungen nun, sowie die welche in den Muskeln der vegetativen Organe beständig vorgehn, die Processe endlich der Aussonderung und des Stoffwechsels überhaupt sind es, deren Abhängigkeit von dem Einflusse der Nerven wir hier noch berücksichtigen wollen. Sie sind alle in gewissem Grade zusammengesetzte Verrichtungen, die sich von den einfachen Zuckungen, die der gereizte Muskelnerv hervorbringt, besonders durch ihre längere Fortdauer nach dem Aufhören des Reizes, ihre unabhängige Weiterverbreitung über den ursprünglichen Ort der Reizung hinaus oder durch periodische Wiederkehr nach einmaligem, durch Intermission bei fortdauerndem Reize unterscheiden. In welcher Weise diese Form der Bewegung erzeugt wird, ist die uns vorliegende Frage.

429. Auch in Bezug auf diese Verhältnisse nun hat die geistvolle Darstellung Volkmanns die Mehrzahl der Physiologen zu einer bestimmten Anschauungsweise hingerissen. Ich empfinde diesen Einfluss gleichfalls, aber ich kann mir doch nicht verbergen, dass nicht alle von Volkmann verwendeten Grundlagen seiner Betrachtung für mich überzeugend sind. Zwei Punkte muss ich hervorheben: seine Voraussetzung der Unentbehrlichkeit besonderer Centralorgane für die Regulirung solcher Bewegungen überhaupt, und die nicht überall beantwortete Frage nach dem Grunde der Thätigkeit und der regulirenden Kraft dieser Organe

selbst. In Volkmanns Erklärung der Athembewegungen scheinen alle theoretischen Anforderungen befriedigt; nur veränderte Kenntnisse über den Thatbestand könnten sie wieder zweifelhaft machen. Die verschiedenen unter einander räumlich getrennten Muskeln, die zur Inspiration mitwirken, können ihre Zustände ohne Zweifel einander nicht selbst mittheilen, sondern bedürfen eines auswärtigen Centralorgans, das sie gleichzeitig in Bewegung setzt. Es ist gefunden in der Medulla oblongata. Es fragt sich nun, durch welchen Reiz die Thätigkeit dieses Organs selbst hervorgerufen wird. Die Erfahrungen haben gelehrt, dass nach Durchschneidung der Lungennerven, ja nach Exstirpation der Lungen selbst durch Reizung der verschiedensten sensiblen Hautstellen Athembewegungen erzeugt werden können. Ihre Ursache kann mithin nicht in den Lungen allein liegen; Volkmann findet sie in dem Eindrucke, welchen die im Blute enthaltene Kohlensäure auf alle centripetal leitenden Nerven der Körpertheile macht; diese vielfältigen Erregungen, in der Medulla oblongata zusammenströmend, erzeugen dort die Bewegungsimpulse, und setzen zugleich die Athmung in ein richtiges Verhältniss zu dem Bedürfniss, dem sie abhelfen soll. Zwei Punkte bleiben noch übrig. Die Frage zuerst, ob die Kohlensäure des Bluts geeignet ist, einen Eindruck auf die peripherischen Nerven zu machen, der denjenigen ersetzt, durch welchen das Experiment die Athmungsbewegungen erzeugt. Wir können sie nicht bestimmt beantworten, doch zeigt uns die Einwirkung der Kohlensäure auf den Geruchsnerven und die sensiblen Nerven der Nasenschleimhaut, dass die Nervensubstanz mindestens nicht überhaupt gegen dieses Gas unempfindlich ist. Die zweite Frage ist diese, warum der stetig fortdauernde Reiz der Kohlensäure periodische Thätigkeiten der Medulla anregt. Sie lässt sich leicht mit Hilfe unserer früheren Vorstellungen dahin beantworten, dass die Erregung des Centralorgans sich durch die motorische Function wirklich ganz oder doch zum grossen Theile erschöpft, der stetige Reiz mithin nur in Augenblicken, in denen ein Maximum der Erregung erreicht ist, die wirkliche Ausführung der Bewegung veranlassen kann. So dürfte in diesem Phänomen der Athmung kaum ein Punkt übrig sein, über den wir nicht Rechenschaft zu geben im Stande wären.

430. Nicht so verhält es sich mit der scheinbar so ganz analogen Pulsation des Herzens. Die Erklärungen, welche Volkmann über sie theils früher, theils zuletzt in der Hämodynamik Kap. XIII. gegeben hat, lassen vielmehr Bedenken mehrfacher Art übrig. Es ist zunächst fraglich, inwiefern diese Bewegung eines regulirenden Centralapparates bedarf. Das Herz ist ein zusammenhängendes Organ, dessen einzelne Theile zwar successiv wirken, aber in gleicher Succession, in welcher auch der Reiz des Blutes auf sie einwirkt. Ein sehr natürlicher Gedanke war es daher ohne Zweifel, zunächst zu versuchen, wie weit dieser Reiz zur Erklärung genügt. Ich glaube nun allerdings mit Volkmann, dass er nicht recht hinreicht, aber ich kann seine Gegengründe nicht alle für zwingend ansehn. Dies gilt besonders von dem, was §. 183 gegen Fontana bemerkt wird. Nach Fontana reizt das eintretende Blut die irritable Herzfaser zur Zusammenziehung; durch die Contraction wird ihre Irritabilität erschöpft und es tritt eine Pause der Ruhe ein bis zu ihrer Wiederherstellung und erneuter Systole. Diese Erklärung findet Volkmann mit den Gesetzen der Reizbarkeit in dem unverträglichsten Widerspruche: wie solle ein Organ unter dem constanten Einflusse eines Erschöpfung bedingenden Reizes sich erholen und für denselben die bereits verlorene Empfänglichkeit wieder gewinnen können? Lassen wir hier die Ausdrücke Erschöpfung und Erholung weg, die einen fremdartigen Schein auf die eigentlich mechanische Bedeutung dieser Frage werfen, und formuliren wir sie so, ob überhaupt aus einem beständigen Reize periodische Bewegungen des gereizten Objects entstehn können, so müssen wir sie nicht nur bejahen, da sie in der That gar keine mechanische Schwierigkeit einschliesst, sondern die Athembewegungen, die ja auch aus dem constanten Reize der Kohlensäure als periodische Actionen entspringen, geben uns sogleich ein anderes Beispiel, bei dessen Erklärung Volkmann demselben Grundsatze gefolgt ist. Die Alternative, die Volkmann aufstellt: ein Reiz sei entweder zu heftig und bedinge Erschöpfung, die mit gänzlicher Ertödtung ende, oder er sei erträglich und gewöhne das Organ so, dass es später mit geringerer Energie gegen ihn reagire, — diese Alternative ist durchaus unmöglich, und würde, wenn es kein mittleres Glied gebe, die gesammte thierische Oekonomie eben-

falls unmöglich machen. Das Mittelglied ist dies, dass jedes Organ zu seiner Thätigkeit ein gewisses Quantum des Reizes bedarf, nach dessen Eintreten die gewachsene Erregung durch eine Functionsäusserung ausgeglichen wird; die Erregbarkeit des Organs dagegen bleibt bestehn oder wird durch andere Processe so unterhalten, dass der wieder sich sammelnde stetige Reiz immer wieder von neuem jenes Maximum erreichen und eine neue Bewegung auslösen kann. Diese Ansicht meines verehrten Lehrers muss ich daher im Interesse der thierischen Oekonomie bekämpfen; was ausser ihr alles gegen die zureichende Begründung der Pulsation durch den Blutreiz spricht, können wir hier übergehen, da uns viel weniger an der richtigen Erklärung dieses einzelnen Phänomens als an der Motivirung der allgemeinen Begriffe über die Regulation combinirter Bewegungen liegt.

431. Was nun die positive Erklärung betrifft, welche Volkmann selbst gibt, so bin ich überzeugt, dass er mit Recht in den mikroskopischen Ganglien der Herzsubstanz den regulatorischen Apparat ihrer Bewegungen sucht; aber auch hier sind wir nicht im Stande, die Sache zu Ende zu bringen. Zweierlei ist zu erklären: die Periodicität der Pulsation, und die Aufeinanderfolge der Contraction in Vorhöfen und Kammern. Was die erste anlangt, so lässt sich die Frage, warum die Herzganglien periodische Bewegungsimpulse geben sollten, nicht beantworten. Wenn das blutleere Herz nicht auch noch fortpulsirte, so würden wir dem Blute, wie der Kohlensäure beim Athmen die Aufgabe zutheilen, eine Erregung in den Ganglien zu unterhalten, die in einzelnen Augenblicken ihrer Maxima die Contractionen erzeugte. Auch das ausgeschnittene Herz ist freilich nie ganz blutleer, aber es pulsirt bei Fröschen wenigstens doch so lange, dass eine genügende Wechselwirkung zwischen den Ganglien und dem wenigen zurückgebliebenen Blut nicht sehr annehmlich erscheint. Dennoch ist dies noch immer die einzige Hypothese; wir müssten denn annehmen, dass eine oscillirende Bewegung irgend einer Art, die in bestimmten Phasen eine Contraction, in entgegengesetzten eine Erschlaffung der Muskeln bedinge, eine der Natur der Ganglien eben eigenthümliche, bis zur Zerstörung ihrer Mischung und ihres Gefüges fortdauernde Form der Wirksamkeit sei. Auch das ist physisch möglich, obgleich sehr un-

wahrscheinlich. Wie nun ferner die Ganglien die normale Succession der Bewegung in den Vorhöfen und Kammern bedingen könnten, ist mir noch viel weniger klar. Liesse sich die Ankunft des Blutes als ein hinlänglicher Reiz zur Contraction überhaupt ansehen, so würde Hallers und Fontanas Ansicht, nach der Vorhof und Ventrikel sich in derselben Ordnung zusammenziehen, in der das anströmende Blut sie reizt, die befriedigendste Anschauung gewähren. Ich verstehe wenigstens nicht, welchen Widerspruch Volkmann darin findet, dass der Herzstoss das Blut treibt, das Blut aber das Herz reizt. (Hämod. S. 381.) Doch diese Ansicht ist nun eben allerdings nicht haltbar. Was dagegen die Ganglien betrifft, so müssten wir annehmen, dass sie zuerst den Vorhof, dann die Kammer reizen. Woher *diese* Succession? Sie ist hier so unerklärbar, als sie abgesehn von aller nervösen Mitwirkung in den Muskeln sein würde. Ich betrachte dies nicht als eine Widerlegung der Ansicht Volkmanns, sondern nur als einen Beweis, dass diese Ansicht den nothwendigen ersten Schritt zu einer richtigen Erklärung gethan hat, während der zur Vollständigkeit nöthige zweite bis jetzt noch unmöglich ist. Zwar halte ich die planmässige Combination von Bewegungen überhaupt nicht für ein gewisses Zeichen der Mitwirkung von Centralorganen; denn so gut eine geordnete Mittheilung der Zustände zwischen Fäden von Nervensubstanz stattfindet, kann sie bei geeignetem Bau eines Organs auch unmittelbar zwischen den Elementen seiner Substanz zu Stande kommen. Im vorliegenden Falle gebe ich jedoch zu, dass die Herzbewegung sich nicht aus einer von Muskelfaser zu Muskelfaser fortschreitenden Induction erklären lässt, dass vielmehr die Regelmässigkeit der Combination von Centralorganen abhängt; aber ich muss wenigstens hinzufügen, dass die Art, wie die Centralapparate diese Aufgabe erfüllen, bis auf Weiteres ganz unbekannt bleibt.

432. Athmung und Pulsation sind die einzigen beiden Processe, über deren Regulation sich überhaupt bestimmtere Fragen aufstellen liessen. Die übrigen vegetativen Vorgänge sind uns noch so unbekannt, dass wir nur ganz im Allgemeinen überlegen können, von welchen Centralorganen sie überhaupt Einflüsse erleiden. Frösche, denen Bidder das Rückenmark vollständig

zerstört hatte, lebten oft noch 6 Wochen mit lebhafter Pulsation des Herzens und ungestörtem Kreislauf. Nach Zerstörung des Gehirns, jedoch Schonung der Medulla oblongata lebten sie nie über 14 Tage; waren die Centraltheile bis auf diesen einen Theil zerstört, so gelang es sie bis zum 6 Tage lebend zu erhalten, und nach völliger Zerstörung aller Centralorgane konnte Kreislauf und Herzbewegung bis tief in den zweiten Tag beobachtet werden. Nach der Zerstörung des Rückenmarks, als die motorischen Cerebrospinalnerven alle Reizbarkeit verloren hatten, schnürte sich der Darmkanal noch in Folge mechanischer Reize zusammen; die Verdauung litt nicht merklich, die Urinabsonderung ging fort, nur die Entleerung der Blase, die sich bis zu ausserordentlicher Ausdehnung füllte, musste durch künstlichen Druck befördert werden (Müllers Archiv 1844. 359). Diese Versuche, denen zahlreiche ähnliche anderer Beobachter zur Seite stehn, zeigen mit Bestimmtheit, dass diese vegetativen Functionen höchstens nur in dem Grade von dem Cerebrospinalsystem abhängig sind, in welchem zuletzt alle Lebensverrichtungen an die Unverletztheit des gesammten Organismus gebunden sind. Dass sie dagegen von dem sympathischen Nervensystem abhängen, können nicht diese Versuche, sondern nur andere beweisen, in denen die Folgen der Zerstörung auch dieses Systems hervortreten. Zwar ist es nicht im mindesten wahrscheinlich, dass die vegetativen Functionen ganz unabhängig von dem Einflusse des Gangliensystems sein sollten, dessen reiche Verzweigung gerade durch die ihnen dienenden Organe dann höchst räthselhaft sein würde; die physische Möglichkeit einer solchen Selbständigkeit lässt jedoch solche Versuche immer wünschenswerth erscheinen, um wenigstens bestimmtere Aufklärung über das zu erhalten, was eigentlich die nervösen Apparate zum Zustandekommen aller dieser Verrichtungen beitragen. Nun fehlen Versuche dieser Art allerdings nicht, aber sie geben die gewünschte Aufklärung keineswegs. Die Folgen, die man nach der Durchschneidung sympathischer Nervenzweige in den Organen bemerkt hat, zu denen sie gingen, lassen sich unter die zwei Rubriken unbestimmter Unordnung in den Functionen und ebenso unbestimmter Störung der Ernährung bringen. Blutige Secretionen statt der normalen, Atrophie, Erweichung, Vereiterung, Ulceration und Brand der

Organe sind diese Nachwirkungen, die viel zu complicirt sind, als dass man aus ihnen auf die bestimmte Form des Beitrags schliessen könnte, welchen die Nerven zu dem vegetativen Leben geben. So muss es vor der Hand bei den zwei gleich möglichen Hypothesen bleiben, dass die Innervation entweder durch Veränderung der mechanischen Molecularzustände der Theile, durch Spannung der Membranen, grössere oder geringere Contractilität der Fasern, oder unmittelbar durch Einführung eines mitwirkenden chemischen Princips die Wahlverwandtschaft der Stoffe, ihre Wechselwirkung und zuletzt die mechanischen Thätigkeiten der Aufsaugung, Aneignung oder Absonderung regulire.

433. Es begegnet uns wohl, dass, wenn wir zur Erreichung eines Zweckes eine mechanische Vorrichtung construiren wollen, im ersten Augenblick sehr wenige einfache Mittel zu genügen scheinen. Gehn wir jedoch an die Ausführung, so erheben sich unerwartete Schwierigkeiten in Menge. Bald bringt die Natur des verwendbaren Materials Reibungen, zweckwidrige Biegungen, bald der Massstab, in welchem die Maschinentheile auszuführen sind, eine Unfestigkeit der Verbindungen, bald ihr Zusammenwirken Abnutzungseffecte hervor; endlich bedarf es, um die Gleichzeitigkeit zusammengehöriger Processe zu sichern, wieder künstlicher Hilfen. So sehen wir uns zuletzt genöthigt, statt des einfachen Entwurfs eine äusserst complicirte mit vielfältigen Compensationsmitteln ausgestattete Maschine zu erbauen. Mit dem lebendigen Körper wird es uns ebenso gehn. Wir kennen nicht einmal den Umfang dessen, was er leistet, noch weniger die Schwierigkeiten, die dieser Leistung entgegenstehn. Uns scheinen die Aufgaben, die er zu erfüllen hat, Wärme aus der Oxydation von Kohlenstoff zu erzeugen, eingeführte Eiweisskörper noch etwas zu assimiliren, den chemischen Wechselwirkungen dieser Stoffe ihren Lauf zu lassen, das Zersetzte auszuscheiden, das alles erscheint uns noch so einfach, dass wir für die vielen organischen Vorrichtungen, die dennoch dazu vorbereitet sind, für die vielen umfangreichen Nervenplexus z. B., die wir in den Assimilationsorganen finden, gar keine Arbeit anzugeben wissen, für die sie durchaus nothwendig wären. Sie sind es aber gewiss; so lange jedoch selbst die Leistung ganzer Organe, wie der Milz, des Pankreas, selbst der Leber so höchst unvollkom-

men bekannt ist, würde es Thorheit sein, sagen zu wollen, wozu ihnen regulatorische Apparate nöthig wären. Man muss sich dieser Unkenntniss erinnern, damit man nicht in seltsame Ansichten einiger neuern Schriftsteller einstimmt, nach denen alle vegetativen Verrichtungen in der That von dem Nervensystem unabhängig sein sollen, dessen Bestimmung und Sinn freilich in diesem Falle Niemand anzugeben vermag.

434. An zwei Beispiele wenigstens wollen wir zum Schluss noch erinnern, um die Art der Untersuchung anzudeuten, die wir diesen Gegenständen wünschen. Die Bewegung der Eingeweide und des Magens hat Vielen so rhythmisch und mit bestimmter Succession der einzelnen Contractionen stattzufinden geschienen, dass sie auch diesen Process von dem Einfluss eines regulatorischen Nervenapparats abhängig machen zu müssen glaubten. Diesen Grund einer solchen Annahme muss ich bestreiten. Schon um deswillen, weil die dann stets vorauszusetzende Succession der Impulse, die dieser Apparat zuerst diesem, dann jenem Theile des Darmkanals mittheilen müsste, als der genaue Schatten der ähnlichen Succession in den Contractionserscheinungen, ganz gleich unerklärt bliebe wie die letztere selbst. Aber auch um deswillen, weil wirklich diese Bewegungen gar nichts enthalten, was nicht auch ohne Centralorgan möglich wäre. Denn was sind sie im Magen anders als eine Abwechslung von Contraction in diesem und Erschlaffung in jenem Muskelbündel, eine Welle gewissermassen, die in einer gewissen Zeit über die ganze Muskelhaut des Magens verläuft und zurückkehrt, und die ganz wohl aus einem Einfluss sich erklären liesse, den jede Faser im Zustande der Contraction inducirend auf ihre Nachbarin ausübte. Hierzu so wenig als zu dem regelmässigen Erheben der Wellenberge und dem Fortschreiten der Welle auf einer Wasseroberfläche überhaupt ist irgend ein regulirendes Princip nöthig. Auch die peristaltische Bewegung der Gedärme erfordert ein solches nicht. So wie das herabsinkende Wassertheilchen in der Welle die Erhebung des nächsten hervorruft, so kann auch hier die Contraction jeder Kreisfaser die der nächsten induciren; und geht diese Bewegung im Darme stets nach einer Richtung ausschliesslich, was nur im Grossen, nicht im Einzelnen gewiss ist, so ist auch dies durch eine constante Eigenthümlichkeit im Bau des

Darmes, die wir freilich nicht kennen, erklärlich, denn unleugbar bedarf eine Bewegung, deren Richtung sich nicht ändert, eines regulirenden Princips noch viel weniger. Die Annahme eines solchen überschätzt also die Schwierigkeiten, die in der Herstellung dieser Bewegungen an sich liegen. Dadurch wird aber keiner der Nervenplexus unnöthig, die den Verdauungsorganen gegeben sind. Ihre regulirende Kraft bezieht sich jedoch gar nicht auf den Rhythmus dieser einfachen Bewegungen allein, sondern darauf, dass die Grösse der Muskelbewegung hier in einer passenden Proportion zu den Bedürfnissen des Gesammtorganismus stehe.

435. Ich kann dies freilich nur durch eine Hypothese erläutern. Die peristaltischen Bewegungen geschehen nicht immerfort gleichmässig, sondern verstärken sich zur Zeit der Verdauung; sie hängen also offenbar von Reizen ab. Aber von welchen? Schwerlich von einer Einwirkung, welche die Natur der Speisen unmittelbar auf die irritable Faser ausübte; denn die Bewegung ist hier nicht Selbstzweck; sie soll ein Mittel sein, das sich den Bedürfnissen der Ernährung accommodirt. Ich glaube deshalb zwar, dass diese Bewegungen Reflexbewegungen sind, dass aber die zuleitenden sensiblen oder receptiven Nerven nicht durch den Reiz der Speisen, sondern durch den des bereits absorbirten Chylus getroffen, die motorischen Nerven anregen. Je mehr die Saugadern bereits assimilirbare Stoffe aufgenommen haben, desto nothwendiger wird es, das theils noch benutzbare, theils abgenutzte Material des Speisebreies zu entfernen, um Ueberfüllung abzuwehren; es wird also hier eine austreibende einseitige Richtung der Darmbewegung verlangt. Je weniger in gleicher Zeit assimilirbare Substanzen in die Saugadern übergetreten sind, desto mehr ist die Hervorrufung wellenförmig hin und herlaufender, nicht expulsorischer Bewegungen nothwendig, durch welche nur die Aufsaugung durch innigere Berührung des Chymus mit den Darmwandungen begünstigt wird. Dazu nun bedurfte es allerdings eines regulatorischen Apparates und dieser Annahme, die nebenbei einiges Licht auf die Wirksamkeit mancher ausleerenden Arzneimittel wirft, schliessen sich andere Einrichtungen der Natur an; so der längere Darmkanal der Pflanzenfresser, der kürzere und die viel raschere Verdauung der

Fleischfresser. Ein ähnliches zweites Beispiel gibt uns der Uterus. Käme es lediglich darauf an, dass er den Fötus durch seine Contraction nur eben überhaupt austriebe, so würden die Bewegungen, die hierzu gehören, eines regulatorischen Apparats gar nicht bedürfen. Es reichte hin, dass im Vergleich zu seinem Schliessmuskel, der sich gleichbleibt, im Verlauf der Schwangerschaft die contractile Masse seines Körpers bedeutend sich vermehrt; die Kraft des Schliessmuskels wird daher beständig erfolgreicher nicht nur durch die Contraction dieser wachsenden Masse, sondern auch durch den Druck des wachsenden Fötus bekämpft; es muss ein Moment kommen, wo er unterliegt und die Austreibung der Frucht erfolgt. Aber wie würde diese wohl auf den Organismus der Mutter wirken, und welche Lebensbedingungen würde wohl das Kind antreffen, wenn nicht in beständigem Consensus mit diesen Ereignissen im Uterus sich die übrigen Zustände des mütterlichen Körpers entsprechend verwandelt hätten, wenn weder die Milchsecretion vorbereitet noch die Umstimmung der vegetativen Functionen im Allgemeinen erfolgt wäre, die zur Fortdauer der Gesundheit unter diesen veränderten Bedingungen nöthig sind? Ein plexus uterinus ist kein zu grosses Aufgebot von Masse und Kraft, um diese Forderungen zu erfüllen; und so wird es noch tausend Bedürfnisse des Organismus geben, die das Nervensystem in der Stille befriedigt, ohne dass unsere blöden Augen sie bemerken.

§. 37.

Von den Lebensperioden.

436. Aeussere Kräfte, deren beständige Wechselwirkung mit den organischen Körpern wir später schildern wollen, sind nicht die einzigen Ursachen, welche ihre allmähliche Zerstörung herbeiführen. Trotz aller Compensationsmittel, deren wir gedacht haben, vermögen die lebendigen Körper aus innern Gründen nicht, sich dauernd auf einem gleichbleibenden Bestande ihrer Massen, ihrer Kräfte und ihrer Formen zu erhalten, sondern durchlaufen von ihrer Entstehung an eine Reihe von Entwicklungsstufen, die bald nur durch verschiedene Grössenwerthe der lebendigen Kraft, bald ebenso sehr durch veränderte Form der Lebensverrichtungen von einander abweichen. Die einfache Be-

wegung eines schräg aufwärts geworfenen Körpers schon lässt uns beobachten, wie eine ursprünglich mitgetheilte Geschwindigkeit durch einen sie von allem Anfang an begleitenden Widerstand, die Beschleunigung der Schwere, allmählich überwunden, nach einem Zeitraum des Aufsteigens in einen entgegengesetzten Weg des Fallens übergeht; die Schwingung eines Pendels zeigt uns, wie eine anfänglich beschleunigende Kraft durch die veränderte Lage der Umstände, die sie selbst herbeiführt, in eine verzögernde sich verwandelt. Wenden wir diese einfachen Vorstellungen auf die unendlich vielfachen Beziehungen an, welche zwischen den Kräften eines zusammengesetzten organischen Massensystems obwalten, so liegt keine principielle Schwierigkeit in dem Gedanken, dass das Aufsteigen wie das Sinken seiner Entwicklung, seine Entfaltung und allmähliche Zerstörung, mit allen jenen Umgestaltungen seiner äussern Form, die oft unsere Verwunderung erregen, in der ursprünglichen Zusammensetzungsformel seines Keimes bereits prädestinirt sind, so dass ihr Hervortreten zwar eine stetige mittlere Einwirkung äusserer Reize, aber weder ungewöhnliche äussere Einflüsse, noch wiederholte unabhängige Antriebe einer schaffenden oder gestaltenden Kraft bedarf. Doch diese allgemeinste Einsicht in die Möglichkeit solcher Ereignisse kann uns nicht für die mangelnde Kenntniss der bestimmten concreten Vorgänge entschädigen, durch welche jeder einzelne Schritt der allmählichen Umwandlung herbeigeführt wird. Mögen es nun beständig dieselben Bildungstriebe sein, die Anfangs dem Leben günstig, sich nach und nach in Widerstände seiner Fortdauer verwandeln, oder mag das Altern der Organismen und ihre Formveränderungen von dem Auftreten neuer Wirkungsformen abhängen, die doch selbst in mechanischer Continuität aus der vorigen Lage der Umstände hervorgehen: wir wissen über den Hergang der Entwicklung Nichts, über den der allmählichen Abnahme des Lebens nur wenig Näheres mitzutheilen.

437. Der einzelnen Zelle selbst kommt eine gewisse Lebensdauer zu, über welche hinaus sie entweder durch die Wechselwirkung ihrer eignen Kräfte mit den beständigen Lebensreizen zur Veränderung ihrer Gestalt, zur Erzeugung neuer Zellen und eigner Vernichtung getrieben, oder in einen Zustand übergeführt

wird, der sie jeder Functionsfähigkeit beraubt und sie als abgestorbenes Product des Lebens unzerstört fortexistiren lässt. Eine beständige Aenderung durch Neubildung anderer erfahren viele vegetabilische Zellen, wie jene z. B. die zu Tausenden in der kurzen Zeit einer Stunde sich in den Pilzen entwickeln, oder jene, durch deren Theilung und Knospenabtrennung die einfachen Geschlechter der Infusorien während eines Tages Generationen auf Generationen häufen. Die Zellen, welche die Bestandtheile zusammengesetzterer Organismen bilden, sind weniger vergänglich oder veränderlich in ihrer Form; aber das Spiel des Stoffaustausches bringt in den zarten Wandungen der Pflanzenzellen bald Niederschläge verschiedener Art hervor, durch welche sie verdickt und verholzend, der weiteren Ernährung so wie jedes Beitrags zu den Verrichtungen der übrigen unfähig werden. Der thierische Organismus, nicht dazu bestimmt, neben dem alternden Stamme junge frische Triebe zu entwickeln, sondern denselben Körperbau zu einem viel längeren Leben benutzend, zeigt nicht in gleichem Masse diese Incrustation seiner wirksamen Zellen; dennoch scheinen auch sie, oder die membranösen Gebilde, die aus ihnen entstanden sind, im Laufe des Lebens einer ähnlichen Umwandlung zu unterliegen. Zum grossen Theile scheint daher das Altern von den lebendigen Vorgängen selbst herzurühren, die ihrem Fortbestehen durch ihre eigenen Wirkungen immer mehr hinderlich werden.

438. Der Saftreichthum des kindlichen Körpers schwindet allmählich im höheren Alter; viele der feinen Capillargefässe, welche die Ernährung des Parenchyms vermitteln, schliessen sich, und mit der Verödung der Gefässverbreitung steigt die Unwegsamkeit der vegetativen Organe selbst; manche secernirende Zellenräume gehen ein und dem Stoffwechsel steht nur noch eine geringere assimilirende Oberfläche zur Berührung mit den Nahrungsstoffen zu Gebot. Der Absatz festerer Stoffe, wie der Knochenerde nimmt überhand, und nicht nur die Knochen selbst sind im höheren Lebensalter reicher an ihr, sondern auch Knorpel, die nicht verknöchern sollen, die Häute der Arterien nehmen früher oder später den phosphorsauren Kalk in sich auf; selbst die Ligamente werden unbiegsamer und starrer; der Aschengehalt der organischen Substanzen überhaupt nimmt zu. So ent-

wickelt sich eine Reihe von Widerständen, die der Bewegung, der Circulation, dem Stoffwechsel entgegentreten. In noch späterer Zeit nehmen die organischen Grundlagen der Knochen, denen ein gewisser Stoffwechsel zuzukommen scheint, in welchen sie die sonst des Wechsels unbedürftigen Mineralbestandtheile mit hineinziehn, an Menge ab; die Knochen, zugleich an Kalkerde verlierend, werden spröder und weniger schwer; durch die Verkümmerung des Stoffwechsels im Ganzen, vielleicht auch durch die lange Dauer der oxydirenden Respiration, scheint auch die chemische Zusammensetzung der bildsamen Ersatzstoffe Umänderungen zu erfahren, von denen die grössere Zähigkeit und Trockenheit des gesammten Körpergewebes abhängt. Zu allen diesen Umwandlungen trägt jedoch nicht allein das allmähliche Altern der einzelnen Zellen und Elementarmembranen bei; *ein* anderes gleich wichtiges, doch gleich unbekanntes Moment liegt vielmehr in der Umgestaltung der Architectur des Körpers. Wir wissen nicht, auf welchen Verhältnissen der Kräfte die frühe Vollendung einiger Körpertheile, das Fortwachsen anderer, die nothwendige Grössengrenze ferner, die dem Wachsthum überhaupt gesetzt ist, abhängen mögen; aber gewiss muss umgekehrt die steigende Ausdehnung der Brust in den Jünglingsjahren einen ebenso mächtigen Einfluss auf die Beschleunigung vieler Lebensprocesse haben, als der Moment, wo dieses Wachsthum seine Grenze erreicht hat, einen Wendepunkt in diesen Processen bezeichnen muss. Wir kennen die normalen Grössen der einzelnen Organe und die Geschwindigkeit, mit der sie erreicht werden, zu wenig, um den bedeutenden Einfluss dieser Umgestaltungen der Architectur auf die Vertheilung des Blutes, seine Mischung, seine Bildungsfähigkeit, auf die specifische Richtung endlich zu schätzen, die unter diesen vereinigten Bedingungen der gesammte Kreis der chemischen Processe nehmen muss.

439. In dem gesunden Altern des Körpers geschehen auch diese Umwandlungen seiner Bestandtheile und Kräfte nicht ohne eine gewisse zweckmässige Uebereinstimmung, durch welche eine Veränderung zur Compensation der andern wird. Günther, allgem. Physiol. 1845, I. S. 547: Mit der Abnahme der Verdauungskraft und der Verringerung der Darmzotten, durch welche die aufsaugende Fläche sehr verkleinert wird, steht das Ausfallen der Zähne

ganz in Harmonie, denn nun ist der Greis genöthigt, mehr flüssige als feste Nahrung zu sich zu nehmen, welche leichter verdaut und rascher resorbirt wird. Den leicht zerbrechlichen Knochen entsprechen die schwachen Muskeln, denn starke würden Knochenbrüche veranlassen. Das Obliteriren vieler Haargefässe steht ganz harmonisch neben dem Schwinden mehrerer Zellenwände in den Lungen, wodurch die Blutbereitung beschränkt wird. Wenn jedoch durch diese correspondirenden Veränderungen der Körpertheile auch immer der Verlauf der Lebenserscheinungen unter günstigen Umständen noch einige Zeit gesichert wird, so ist doch die Fähigkeit, ungewohnten Störungen zu begegnen, mit der Abnahme der Elasticität in allen Verrichtungen verloren gegangen. Daher sehen wir die gesündesten Greise einem leichten Uebel schnell unterliegen, obgleich vor dem Augenblick der störenden Einwirkung ihre Lebensverrichtungen keine Abweichung von den normalen Verhältnissen ihres Alters bemerken liessen. Vereinigen sich günstige Umstände, um jede plötzliche Störung von aussen abzuhalten, so erlischt das Leben durch langsame und stetige Abnahme der Nervenkräfte, die zuletzt, zu einem kleinsten Werthe herabgedrückt, die nöthigen Impulse für die Bewegung des Herzens und die Respiration nicht mehr zu ertheilen vermögen. Mit dem Stillstand beider periodischen Functionen müssen wir den normalen Tod des Ganzen eingetreten annehmen: denn obgleich manche vereinzelte Fähigkeiten, die den Theilen des Körpers nicht ihrer Substanz nach angehören, sondern aus ihrer lebendigen Verknüpfung mit dem Ganzen herrühren, auch nachher noch kurze Zeit fortdauern, so ist doch ihre Coordination zu dem Ganzen eines planvollen Bewegungsspieles mit der Lähmung jener Functionen unmöglich geworden. Nur wenige Individuen gelangen zu diesem natürlichen Lebensende; wir überlassen der Pathologie die Schilderung der Todesarten, die nicht aus allgemeiner Schwäche, sondern aus gewaltsamer Hemmung einzelner Lebensfunctionen hervorgehn.

440. Da die bestimmten Vorgänge, welche der Umbildung der lebendigen Körper zu Grund liegen, noch so wenig bekannt sind, hat man sich desto mehr damit beschäftigt, aus der Vergleichung der Erscheinungen wenigstens einige Andeutungen über die allgemeine Form zu gewinnen, in welcher ihr Zusammen-

wirken fortschreitet und über die gesetzliche Lage der Wendepunkte, von denen aus der zusammengesetzte Strom dieser Ereignisse neue Richtungen einschlägt. Diese Versuche haben keine befriedigenden Resultate gewährt, oder keine wenigstens, die mehr lehrten, als die unvorbereitetste Anschauung von selbst findet. Man hat die normale Lebensdauer des Menschen zu bestimmen gesucht; aber fast überall hat man sie nach Anleitung theoretischer Speculationen so gering angeschlagen, dass zahlreiche Individuen gefunden werden, die über sie hinaus leben. Wie soll dies zu verstehen sein? Wenn ein Organismus eine normale Lebenszeit hat, so kann es nur eine solche sein, die er entweder aus innern Gründen seiner Natur gar nicht, oder wenigstens dann nicht zu überschreiten vermag, wenn man ihn *zugleich* in Wechselwirkung mit denjenigen äussern Einflüssen *denkt*, auf die seine Organisation berechnet ist. Obgleich nun im höheren Greisenalter diese Wechselwirkung allerdings in mancher Beziehung abnimmt, so gibt es doch Beispiele von einem mehr als hundertjährigen Alter genug, zu dessen Erreichung keineswegs eine Vereinigung besonderer schonender Umstände geführt, sondern der gewöhnliche Lauf der äussern Bedingungen genügt hatte. Für die normale oder vielmehr für die ideale, wegen der Verschiedenheit der Constitutionen und der Lebensbedingungen höchst selten, vielleicht nie erreichte Lebensdauer des vollkommen gesund geborenen Organismus müssen wir daher vielmehr die höchste bis jetzt beobachtete betrachten. Dagegen habe ich keine Vorstellung von dem Sinne, den es haben kann, wenn Burdach (Physiol. III, 762 ff.) die normale Lebensdauer auf 76 Jahre und 3 Wochen festsetzt, und ein anderes Mal selbst die Möglichkeit zugibt, dass mit dem 70 Jahre die normale Sterbezeit bereits überstanden sei. Das Lebensjahr, in welchem die Sterblichkeit am grössten ist, kann nicht, wie Burdach zu meinen scheint (S. 762 f.), das normale Sterbejahr sein; es gibt uns vielmehr nur die Zeit an, in welcher die inneren Gründe des Alterns zusammengenommen mit dem durchschnittlichen Werth der äussern Störungen, unter unsern grossentheils sehr künstlichen Lebensverhältnissen den Tod am häufigsten hervorbringen.

441. Eine Vergleichung der Lebenslängen der verschie-

denen Organismen gibt theils wegen der Unvollständigkeit unserer Kenntnisse, theils wegen der Verwicklung der Bedingungen wenig Aufschlüsse für die allgemeine Physiologie. Für die Pflanzen kann als normale Lebensdauer nur der Zeitraum gelten, der zwischen der Keimung aus dem Samen und der ersten Fruchtreife verstreicht; denn während dieser Zeit haben die zu einem gemeinschaftlichen Leben verbundenen Theile alle Phasen der Entwicklung durchlaufen, deren sie fähig sind. Sie bleiben freilich, nachdem ihre Function erloschen ist, sehr allgemein in Verbindung mit den späteren Nachtrieben und Knospen, mit denen sie einen perennirenden Stamm bilden, und die denselben Kreis der Entwicklung, aber meist in kürzerer Zeit durchlaufen, da sie aus einem schon in voller Lebensthätigkeit begriffenen Ganzen entsprungen, an Masse und Ausbildung ihrer Mischung schneller zunehmen, als das aus dem Samen keimende Pflänzchen. Nur für wenige einfache Pflanzen würde sich daher eine bestimmte Lebensdauer angeben lassen, so für die einjährigen, unter denen die Ceralien das bestimmteste Bild einer in wenigen Monaten abgeschlossenen Entwicklung geben. Für das Aggregat vegetirender Theile, die in den verschiedensten Entwicklungsstadien begriffen, den Körper einer zusammengesetzten Pflanze bilden, gibt es nur in sofern eine Lebensgrenze, als die steigende Schwierigkeit des Safthubes das Wachsthum nach oben, und andere Widerstände die Nachbildung neuer Triebe innerhalb desselben perennirenden Stammes hindern und so die überhaupt nur scheinbar vorhandene Identität des vegetirenden Organismus auch für die äussere Anschauung aufheben. Schon dies geschicht bei vielen Bäumen sehr spät; man kennt Eichen von 1600, Adansonien von 6000 Jahren; völlig unbegrenzt ist die Fortsetzung der Vegetation durch Ranken, die neue Wurzeln treibend, auch sogleich für die sinnliche Wahrnehmung die verschiedenen vegetirenden Massensysteme, die in dem perennirenden Stamme zu einem Individuum verschmolzen scheinen, als abgesonderte Ganze auseinander treten lassen.

442. Bei Pflanzen und Thieren scheint übrigens die Lebensdauer von der Zartheit der histiogenetischen Elemente und von der Schnelligkeit der Entwicklung überhaupt abhängig; bei vielen Infusorien, deren erstaunliche Fortpflanzung die Geschwindigkeit

ihrer Stoffumwandlung andeutet, beträgt sie nur wenige Stunden; auch höher entwickelte Thiere sterben im Allgemeinen um so früher, je schneller ihr Körper und die Fähigkeit der Fortpflanzung ausgebildet ist; sie erreichen aber diese beiden Epochen im Durchschnitt desto später, je massenhafter ihr Körperbau zu werden bestimmt ist. Daher leben wenigstens innerhalb derselben Klasse die grösseren Thiere meistens länger als die kleineren; von den 3 Lebensjahren der Spitzmaus bis zu den 200 des Elephanten, von den 3 Jahren des Zaunkönigs bis zu den 100 des Adlers, den 5 bis 6 der Frösche bis zu den 200 der Schildkröte, den 5 bis 10 der kleineren Fische bis zu den Hunderten einiger grössern verläuft eine Reihe, in der sich dieser Einfluss der Masse, die langsam sich bildet und langsam vergeht, überall geltend macht. Allerdings nicht, ohne dass andere Einflüsse die Regelmässigkeit der Reihe störten; so die Abnutzungsgrösse, die aus der Lebensweise entspringt, und die Lebenszeit der Raubthiere zu verkürzen scheint, und daneben ohne Zweifel manche uns entgehende Eigenthümlichkeit der Organisation, die aus der Idee der Gattung hervorgeht. Auch der Typus der Bildung im Allgemeinen ist von Bedeutung; die wirbellose Organisation scheint keine gleiche Lebensdauer zu gestatten wie die der Vertebraten; die grössere Entwicklung der Nervencentralorgane dagegen einer grösseren Lebenslänge zu entsprechen. Die höchste Lebensdauer des Menschen, die bis jetzt beobachtet ist, die 185jährige des Schotten Kentigen (Prichard, Naturgesch. d. Menschengeschl. I, 157.) steht in manchem Betracht anomal zwischen den Lebenslängen der Thiere.

443. Dass die Schwankungen äusserer Einflüsse ähnliche in den Lebenserscheinungen bedingen, ist natürlich; aber ausser ihnen, deren wir später gedenken werden, hat man auch eine Periodicität des Lebens aus innern Gründen angenommen und seine Entwicklungsstadien auf ein gewisses Normalmass zurückzuführen gesucht. Man kann diese Bemühungen nicht schlechthin verwerfen, denn es ist nicht nur möglich, sondern nothwendig, dass in einem Falle idealregelmässiger Entwicklung eines Organismus jede bedeutende Erscheinung derselben auf einen genau bestimmten Zeitpunkt falle Zwar weichen die wirklichen Entwicklungen wegen der Verschiedenheit der ursprünglichen

Keimanlage, durch Vererbung constitutioneller Unvollkommenheiten, und wegen der Mannigfaltigkeit der äussern Bedingungen vielfach ab; dennoch zeigt sich wenigstens am Anfang des Lebens die Gesetzmässigkeit der Entwicklungszeiten noch sehr auffallend. Lassen wir das Fötusleben, dessen Dauer in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nur um wenige Tage variirt, beiseit, so sind die Perioden der ersten Dentition, die des Zahnwechsels und die der Pubertät in Wirklichkeit so genau an bestimmte Jahre gebunden, als man nur immer erwarten konnte; das Aufhören der Zeugungsfähigkeit weniger, der Eintritt der Decrepidität ist viel unbestimmter, und noch wandelbarer nur die Zeit des Todes. Hat man daher Recht, gewisse Stufenjahre überhaupt vorauszusetzen, so geht man doch in der wirklichen Berechnung meist von ganz willkührlichen Phantasien aus. Warum das Leben in gleich lange Perioden, etwa siebenjährige, zerfallen müsse, ist gar nicht abzusehn; nichts hindert, dass die Beschleunigung der Entwicklung in den einzelnen Lebenszeiten ganz verschieden sei, so dass hier die epochemachenden Punkte dicht bei einander liegen, dort in weiten Zeiträumen vereinzelt. In der That scheint das erste Drittel des Lebens, welches die Organisation eben für die Zwecke des Lebens erst ausbildet, allein hinlänglich festbestimmte Epochen zu haben, die durch nicht allzugrosse Störungen wenig verrückt werden, während die spätere Lebenszeit überhaupt eine gleichförmigere, epochelose Strömung hat, und die Zeitpunkte, auf welche etwa noch ausgezeichnete Entwicklungsphasen fallen sollen, von so wenig energischen Kräften vertheidigt werden, dass schon mässige Verschiedenheiten des früheren Lebens sie nachwirkend um grosse Strecken verschieben. Deshalb erscheint uns nicht nur die Anknüpfung der Entwicklungsperioden an Mondläufe, Jahrescyklen und Siebenzahlen, sondern auch Burdachs Versuch, sie als Multipla der 40 Wochen des Fötallebens anzusehen, als eine unfruchtbare Zahlenmystik. Nur die ausgebreitetste Combination der Erfahrungen kann die wahren Epochen uns lehren, und nirgend haben wir Grund zu der Voraussetzung, dass sie eine leicht übersichtliche, nach einfachen Zahlen fortschreitende Reihe bilden.

444. Ebenso zweifeln wir zwar nicht, dass unabhängig von Schwankungen äusserer Einflüsse neben den Epochen der Bildung

auch rhythmische Perioden der Functionen aus innern Gründen in dem Stoffwechsel und der Thätigkeit der Nerven vorkommen. Aber wir kennen sie nicht; alle Perioden, ausser der der Menstruation, sind aus der Periodicität krankhafter Erscheinungen geschlossen, ein Rückschluss, dem jede Sicherheit fehlt. Und so müssen wir endlich die Bedenken, die wir gegen diesen ganzen Kreis von Gedanken hegen, auch auf die Symbole ausdehnen, durch welche man neben den Zeiträumen auch die Formen der Entwicklung zu schematisiren gesucht hat. Evolution und Involution sind zwei dieser täuschenden Ausdrücke, die zu der Meinung verleiten, als seien die beiden Hälften des Lebens nicht nur in Wachsthum oder Abnahme der Lebenskraft, sondern auch in der Form der Lebensprocesse ähnliche und entgegengesetzte Zweige. So schreibt Burdach (Physiol. III, 463) dem Organismus ein Bestreben zu, zum Embryonenzustande zurückzukehren und deutet die einzelnen Erscheinungen nach dieser Annahme, der keine unbefangene Beobachtung das Wort redet. Wo ein so ausgezeichneter Forscher keinen gangbaren Weg mehr nachzuweisen vermochte, thun wir ohne Zweifel gut, mit dem Geständniss unserer Uuwissenheit von diesem noch unlösbaren Problem zurückzutreten.

DRITTES BUCH.

VON DEM REICHE DER LEBENDIGEN WESEN UND SEINER ERHALTUNG.

ERSTES KAPITEL.

Von dem Systeme der organischen Geschöpfe.

---

§. 38.

Vom Begriff der Naturreiche.

445. Eine allgemeine Ueberlieferung der menschlichen Bildung hat uns die Scheidung des Lebens in ein Reich der Pflanzen und ein Reich der Thiere als so zweifellos übermacht, dass nur von ihrer Anwendung, nicht von ihrer Rechtfertigung die Rede sein zu können scheint. Auch verdankt sie nicht eben dieser langen Verjährung ihre Ueberredungskraft; man fühlt vielmehr, dass wenn auch alle Ueberlieferung abgebrochen wäre, doch die kurze Erfahrung jedes einzelnen sehr bald bei derselben Unterscheidung mit derselben Zuversicht, etwas sich von selbst Verstehendes durch sie auszudrücken, anlangen würde. So sehr liegt diese Trennung in der Richtung unserer Phantasie, oder so sehr fordert der Totaleindruck der Natur, von dem jene der Wissenschaft bald förderlich, bald verwirrend vorarbeitende Phantasie der Sprachbildung sich leiten lässt, zu einer scharfen Unterscheidung beider Gebiete des Lebendigen auf. Unter dem Einflusse dieses Vorurtheils, wie dies immer und mit Recht zu geschehen pflegt, hat die Wissenschaft später versucht, die einzelnen wesentlichen Elemente zu fixiren, aus denen die Verschiedenheit jenes Totaleindruckes hervorging. Indem sie aber bei dem Bestreben, einer schon als bestehend vorausgesetzten Grenze einen scharfen und adäquaten Begriffsausdruck zu geben, auf mannigfache Schwierigkeiten stiess, ist sie erst im Verlaufe die-

ser Untersuchung dazu gekommen, die Rechtmässigkeit und Dringlichkeit der Gründe zu prüfen, aus denen jenes Vorurtheil hervorging, und zu fragen, welches der Gewinn sein würde, den seine Bestätigung gewähren kann.

446. Wenn wir überblicken, was in dem gewöhnlichen Bewusstsein über diesen Gegenstand an Gedanken vorhanden ist, so finden wir nicht nur, dass Pflanzen und Thiere unterschieden werden, sondern dass ein Reich der Pflanzen einem Reiche der Thiere entgegengesetzt wird. Durch diesen Ausdruck wird die Trennung beider Gebiete um vieles bedeutsamer gemacht; denn nach ihm liegen zu beiden Seiten jener Grenze nicht unverbundene Mannigfaltigkeiten, die nur für die Bequemlichkeit unserer Erkenntniss sich gerade so am besten, und weniger gut anders abtheilen liessen, sondern jede Gruppe schliesst sich zu einem Ganzen von innerem Zusammenhange ab, und ist gerade durch diese Zusammengehörigkeit jeder Grenzüberschreitung und Zweideutigkeit um so feindlicher. Das Interesse der ganzen Frage ist daher auch keineswegs ein rein praktisches; d. h. wir würden keineswegs befriedigt sein, wenn durch Auffindung eines allgemeinen und beständigen unterscheidenden Merkmals die Grenzstreitigkeiten zwischen Pflanzenreich und Thierreich thatsächlich und auf immer beendigt würden. Wir nehmen vielmehr Antheil daran, dass nicht durch eine falsche Zuziehung eines Geschöpfes zu dem einen oder dem andern Reiche dem herrschenden Principe dieses Reiches eine Gewalt angethan werde, und die Beilegung der Zwistigkeit würde uns nur dann genügen, wenn sie nicht nur beide Gruppen schiede, sondern zugleich die innere Zusammengehörigkeit jeder einzelnen um so deutlicher hervortreten liesse. Mit dem Begriffe eines Reiches ebensowohl als mit den untergeordneten der Gattungen und Arten verknüpfen wir stets den Anspruch, dass sie nicht nur für die Bequemlichkeit der subjectiven Erkenntniss das Gewirr der Erscheinungen scheiden, sondern dass sie Grenzen bezeichnen, welche die eigene Natur und die Kräfte der Naturgegenstände anerkennen müssen. Wenn über irgend ein streitiges Naturobject, nachdem man alle seine Eigenschaften genau erforscht hätte, zuletzt das Urtheil gefällt würde, es sei eine Pflanze, so würde dadurch unsere positive Kenntniss desselben weder im Einzelnen noch im Ganzen

vermehrt, dennoch fühlen wir das Bedürfniss, jedes einzelne Object einem solchen Allgemeinbegriffe zu unterwerfen. Der Gedanke, der alle diese Zweifel und Fragen belebt, ist daher hauptsächlich diese Voraussetzung, dass wie im alten römischen Staat jedes Individuum als Bürger irgend einer Staatsgemeinschaft galt, so auch in der Natur jedes Geschöpf Unterthan eines bestimmten abgeschlossenen Reiches sei, und dass es im Gebiete des Lebendigen nur zwei solcher Reiche gebe, zu deren einem jedes Geschöpf zweifellos gehören müsse. Vor der Bedeutsamkeit dieses Hauptgedankens und vor dem Bestreben, das wesentliche Grundgesetz jedes dieser Reiche kennen zu lernen, verschwinden alle die Schwierigkeiten, die der Einreihung eines einzelnen Geschöpfes unter das eine oder das andere entgegenstehen, als unbedeutende Räthsel, die der Fortschritt der Wissenschaft nach und nach lösen wird, oder auch ohne Beeinträchtigung der Würde unserer Erkenntniss zum Theil ungelöst lassen kann.

447. Jener Gedanke nun, dass jedes Geschöpf nothwendig ein Bürgerrecht in einem und nur in einem Gebiete der Natur haben müsse, ist wunderbar genug, und seine Berechtigung weder so klar noch so zweifellos, wie sie dem gewöhnlichen Bewusstsein scheint. Zwei Staaten, die wir einander gegenüberstellen, sind Organisationen, in denen nicht nur ein vielleicht verschiedener formaler Bildungstypus ausgeprägt ist; in denen vielmehr ausserdem eine Fülle von Functionen vorhanden ist, welche die Möglichkeit einer realen Einwirkung auf einander gewähren, und durch welche zugleich jeder Staat dem einzelnen Unterthan eine Menge von Bedingungen der Existenz und Entwicklung verschafft. Von der gewöhnlichen Vorstellung eines Pflanzen- und Thierreichs gilt nichts Aehnliches; sie sind kraftlose, wirkungsunfähige Rubriken, unter welche analoge Bildungen gebracht werden; nicht aber sind sie Reiche, die durch ihre innere Constitution dem Einzelnen, das in sie eingeordnet ist, seine Wirklichkeit begründeten oder gewährleisteten; sie sind überhaupt nur allgemeine Musterbilder, aber nicht Complexe mechanisch wirksamer Kräfte. Ganz anders verhalten sich die Begriffe der Gattungen und Arten; für sie hat die Naturwissenschaft jene mechanische Bedeutung entdeckt, die ihnen Werth und Inhalt gibt. Die Gattung ist nicht nur ein Musterbild, sie ist vielmehr zugleich

der Complex aller in ihren sämmtlichen früheren und jetzigen Individuen abgelaufenen oder noch verlaufenden, und durch ihre Nachwirkung für die Zukunft massgebenden mechanischen Lebensprocesse, innerhalb deren wie in einem geschlossenen Kreise, die Erzeugung eines neuen Individuum derselben Gattung allein möglich ist. Jede andere Gattung ist ein neuer Staat, ein anderer fremder Complex eben solcher physischer Processe, der ebenso geschlossen und selbstständig sich in sich entwickelt und in die Bildungsbahn des ersten niemals übergeht. So scheiden die Gattungsbegriffe nicht nur die Objecte für unsere Erkenntniss, sondern sie vereinigen auch das, was einem gleichen wirkenden Princip sein Dasein verdankt. Eine ähnliche reale Bedeutung nun müssten wir auch dem Begriffe eines Naturreiches zu verschaffen suchen, eine Aufgabe, die man am häufigsten versäumt, zuweilen auf eine ungenügende Weise zu lösen versucht hat.

148. Wenn das Alterthum voraussetzte, dass jeder Mensch nothwendig Bürger eines Staates sei, so lag dem die Tendenz zu Grunde, den Menschen nicht als ein durch den Lauf der organischen Kräfte erzeugtes Naturproduct anzusehn, auf welches als solches keinerlei Rechtsbegriffe sich würden anwenden lassen; er musste vielmehr als Person gelten, d. h. als ein anerkanntes und an seinen bestimmten Platz gestelltes Glied einer sittlichen oder intellectuellen Ordnung. Aehnliche Vorstellungen sind immer mit geschäftig gewesen, wo man die Idee der Naturreiche sich klarer zu machen oder auch nur bestimmter anzuwenden versucht hat. Nur dann erschien irgend ein Gegenstand als ein *Product der Natur*, wenn er in seinem ganzen Verhalten sich als ein durch den Entwicklungsgang einer Idee gefordertes oder anerkanntes Glied einer Reihe darstellte. Ein *Product natürlicher Kräfte* war er dagegen in jedem Falle, sofern er überhaupt nur existirte. Der Unterschied, den wir hier andeuten, ist leicht durch die gewöhnlichsten Beispiele zu versinnlichen. Wenn ein Baum oder ein Felsen durch die Gewalt eines Sturmes oder eines Erdbebens zerrissen oder zerschmettert wird, so ist dieses Ereigniss ohne Zweifel ein Product natürlicher Kräfte, aber Niemand wird es leicht ein Naturproduct nennen. Noch allgemeiner sind alle Erzeugnisse unserer Kunst zweifellos Producte natürlicher Kräfte, aber den Naturproducten setzen wir sie sogar entgegen. Beides

aus dem nämlichen Grunde; denn beide sind Wirkungen, zu denen natürliche Kräfte als Mittel verwandt worden sind; ihre Verwendung aber und ihre Combination wurde nicht durch einen beständigen Plan oder Gedanken der Natur, sondern im ersten Falle durch einen Zusammenfluss veränderlicher Umstände, im zweiten durch die Dazwischenkunft willkührlicher Berechnung des Geistes bestimmt. Der Lauf der Umstände erkennt keine Gattungsbegriffe der Processe an, der Eingriff der Willkühr stört oft sogar geflissentlich die Pläne der Natur. Sprechen wir deshalb von einem Naturreiche, so wollen wir damit sagen, dass das in ihm Zusammengefasste nicht blos Product natürlicher Kräfte, sondern Naturproduct sei, d. h. dass es seine Existenz nicht nur einem gesetzlichen aber planlosen Zusammenwirken einzelner Theile der Natur verdanke, sondern dass die Natur als Ganzes das Producirende sei, und sich der einzelnen natürlichen Kräfte nur als der Mittel nach einem vorbestimmten Plane bediene. Diese Art von Legitimität ist es, die wir den Objecten dadurch zu geben suchen, dass wir sie unter ein Naturreich unterordnen, und die Behauptung, dass unter jene zwei Reiche alles Lebendige sich müsse fassen lassen, ist gleichbedeutend mit der andern, dass zwischen den legitimen, durch einen Naturplan oder eine Naturidee bestimmten Wesen keine illegitimen, durch den blossen Lauf der Veränderungen in der Welt planlos erzeugten Producte vorkommen.

449. Sobald wir nun die unbestimmte Voraussetzung, die sich in dem Begriffe der Naturreiche verbarg, auf diesen bestimmteren Ausdruck gebracht haben, zeigt sich deutlicher die Schwierigkeit, sie zu begründen. Fassen wir die Sache ganz allgemein, und lassen wir irgend eine Naturidee in ihrer Entwicklung alle die Formen der Erscheinungen bestimmen, die auftreten sollen und müssen, um den gesammten Inhalt der Idee zu verwirklichen, so werden wir doch immer zugleich eine Summe physischer Mittel, Massen und Kräfte in der Welt voraussetzen müssen, durch deren Zusammenwirken diese Postulate der Idee verwirklicht werden. Hier erscheint es nun kaum vermeidlich, dass nicht diese Kräfte, sobald ihr Spiel ihnen einmal freigegeben ist, und sobald sie, wie alle Naturwissenschaft annimmt, stets und überall so viel wirken, als sie können, neben dem

ideal Bedeutsamen auch Producte erzeugen, die zwar aus ihrem Wirkungsgesetze und aus den vorhandenen Umständen mit Nothwendigkeit hervorgehn, der Idee selbst aber fremd, von ihr nicht gewollt, und deshalb in Bezug auf sie zufällige sind. Oder wollen wir der Metaphysik die allgemeine Betrachtung dieser Verhältnisse überlassen, so können wir sie leicht auch an unserem besondern Gegenstande deutlich machen. So viele zufällige Störungen wirken auf die lebendigen Körper, und auf die Massen, die ihrer Entwicklung als Keime dienen, ein, dass die Bildung von Massen und Massensystemen, die keinem Gattungsbegriffe genau entsprechen, zu den häufigsten Vorkommnissen zu gehören scheint. Am häufigsten erhält sich indessen in diesen Bildungen der grösste Theil der Erfordernisse der Gattung, und sie erscheinen als missgebildete Individuen zwar, aber doch *als solche*, deren Heimat im Bereiche einer Gattung nicht im mindesten zweifelhaft sein kann. Entfernen sich dagegen diese Systeme von Massen zu weit von dem Typus einer Gattung, so kann eine doppelte Folge eintreten. Entweder sie verlieren mit dieser Abweichung zugleich auch die Fähigkeit der Organismen, eine gewisse Zeit hindurch zwar kein festes, aber jenes langsam veränderliche schwebende Gleichgewicht zu bewahren, auf welchem die Lebensdauer und die Entwicklung der lebendigen Geschöpfe beruht; dieser Fähigkeit aber beraubt, werden sie sofort durch die Einwirkung der äussern Kräfte zersetzt und in den allgemeinen Umtrieb der Stoffe wieder absorbirt, um von neuem als verwendbare Mittel zu regelmässigeren Organisationen zu dienen. Oder im zweiten Falle ist ihre Zusammenfassung, obwohl keiner organischen Gattungsidee angemessen, doch mechanisch so günstig, dass sie ein Spiel der Entwicklung, des Wachsthums und der Neuerzeugung anderer Gebilde ebenso wohl möglich macht, wie es ja auch in den legitimen Geschöpfen der Natur nur durch dieselbe glückliche Combination mechanischer Hilfsmittel verwirklicht wird. Auf solche Weise könnte das Reich der Naturproducte fortwährend von einer Menge planloser Producte der natürlichen Kräfte umgeben sein.

450. Ueber diese abstracte Möglichkeit lassen sich nun noch einige nähere Betrachtungen hinzufügen. Nirgends hat eine Beobachtung gemacht werden können, welche aus höher ausgebilde-

ten Organisationen dergleichen luxuriirende Geschöpfe der Naturkräfte hätte hervorgehen sehen. Bei einer so grossen Complication der Verhältnisse, wie sie ein höherer Thierkörper verlangt, scheint nur die Alternative vorhanden zu sein, dass eine Bildung sich den wesentlichsten Punkten eines Gattungsbegriffs streng anschliesse, oder dass sie überhaupt nicht fähig sei, auch nur zu einer kurzen Entwicklung, sondern fähig nur zur schnellen Zersetzung. Selbst einzelne Massentheilchen von krankhafter Zusammensetzung, wie jene, welche manche Formen der Geschwülste und Wucherungen bedingen, bewahren nur eine geringe Spur der Entwicklungsfähigkeit, die den normalen Stoffen zukommt, und gehen nach unbedeutenden Anfängen einer Organisation, die sie überdies selbst nur unter Mitwirkung des übrigen Körpers ermöglichen, schnell wieder in Zersetzung über. Allein diesen Thatbestand der Erfahrung, den wir der Beobachtung höherer Organismen entnehmen, haben wir kein Recht, so zu verallgemeinern, dass die Bildung illegitimer entwicklungsfähiger Körper auch da ausgeschlossen würde, wo die Bedingungen der Organisation andere und einfacher sind. Die Anordnung der Massen, die den Keim eines Infusorium bilden, könnte recht wohl einfach genug sein, um eine Verschiebung zu gestatten, der noch immer eine gewisse Entwicklungsfähigkeit inwohnte, und die nun die Bildung einer andern durch keinen Gattungsbegriff bestimmten Organisation hervorriefe. Wer sich das Leben nicht durch einen zauberischen Hauch den Körpern eingeflösst vorstellt, sondern sich erinnert, dass es das Resultat eines Zusammenwirkens vieler Kräfte ist, wird diese Möglichkeit nicht abweisen können; denn es würde in der That ein unwahrscheinlicher Fall sein, wenn die physischen Kräfte, die stets so viel wirken als sie können, jedesmal die Zerstörung des Massensystems bewirkten, an dem sie haften, sobald sie sich von den Combinationsweisen entfernen, die ihnen der Begriff einer Gattung vorschreibt.

451. Eine Eigenschaft nun würde die legitimen Naturproducte von diesen zufälligen Bildungen unterscheiden, nämlich die Gleichartigkeit ihrer Fortpflanzung. Das eben ist das characteristische Merkmal eines durch einen Gattungsbegriff bestimmten Complexes mechanischer Mittel, dass aus ihm stets, obgleich in vielfältig verschiedenen Formen ein ähnlicher neuer

Complex erzeugt wird; so abgeschlossen und kreisförmig in sich zurückgebogen ist die Kette der physischen Wirkungen, dass aus dem Keime die Ausbreitung des Lebens, aus dieser stets wieder derselbe Keim zu neuer Entfaltung hervorgeht. In einer zufälligen Bildung wird man unmöglich eine so prämeditirte erste Stellung der Elemente annehmen können, dass aus ihrer Entwicklung durch äussere Einflüsse jemals derselbe Anfang von Neuem geboren, oder anders als durch einen zweiten glücklichen Zufall günstiger Umstände wieder gewonnen würde; gleich einer ungeschlossenen Curve würde vielmehr, wie es die wechselnden äusseren Bedingungen mit sich brächten, der Lauf der Entfaltung rückkehrlos in immer neue und neue Formen und Processe übergehen. Oder wollte man annehmen, dass die Umstände *in der* That sich so glücklich fügten, dass der verschobene leg*itime* Keim nebst der Entwicklungsfähigkeit auch noch die der Zeugung des Gleichartigen behielte, so würde man damit nur die Entstehung neuer legitimer Gattungen oder Arten behaupten. Eine solche muss ja in der That irgendwann stattgefunden haben, und die Vorgeschichte der organischen Welt wird uns bald zur weitern Beleuchtung solcher Annahmen führen. Für die bestehende jetzige Welt begnügen wir uns zu erinnern, dass keine Beobachtung bei höheren Organismen ein factisches Neuentstehen eigener Gattungen nachgewiesen hat, dass dagegen in geringerem Grade diese so wunderbar erscheinende Neuschöpfung stets vor sich geht, nämlich in der Entstehung der Spielarten. Hier ist die Verschiebung des Keims so gering, dass um bildlich zu sprechen, der verschobene noch innerhalb der Gattungsgleichung fällt; daher erhält sich neben der Entwicklungsfähigkeit auch die der Fortpflanzung; man denke sich die Verschiebung grösser, und es entstehen Geschöpfe, denen zwar eine fortlaufende Umgestaltung, aber keine gesetzliche Wiedererzeugung möglich ist. Und hiermit wäre denn endlich gezeigt, was wir für irgend ein Naturobject zu gewinnen suchen, wenn wir es einem Naturreiche zutheilen, den Vorzug nämlich, durch Gattungsbegriffe bestimmt und zu einer sich beständig nach gleichem Typus verjüngenden Existenz befähigt zu sein.

452. Es war inzwischen nicht allein unsere Absicht, nur den Werth dieser Eintheilungen hervorzuheben; wir schwanken

vielmehr, ob nicht von dem entwickelten Begriffe zufälliger Wesen in der That auch ein praktischer Gebrauch zu machen sei. Die Charactere ausgebildeter thierischer und pflanzlicher Organismen sind so deutlich verschieden, dass ihre Trennung in verschiedene Reiche keinem Bedenken unterliegt. Die niedersten Formen beider Reiche sind dagegen für unsere unterscheidende Erkenntniss zu ähnlich einander, zu sehr mit ihren Eigenschaften eine in das Gebiet der andern übergreifend. Die Schwierigkeit, diese Wesen dem einen oder dem andern Reiche zuzuweisen, kann nun freilich als die Folge unserer beschränkten Beobachtung gedeutet werden, welche die Merkmale, die den beständig objectiv vorhandenen scharfen Unterschied zwischen Thieren und Pflanzen bestimmen, nicht in jeder äussern Form und Umhüllung wahrzunehmen vermag. Sie kann ferner daraus hergeleitet werden, dass eben jener scharfe Unterschied, den das unwissenschaftliche Vorurtheil voraussetzt, nicht vorhanden sei, und deshalb nie von uns durchgeführt werden könne; und zwar kann man diese Meinung beliebig als ein Verfliessen beider Reiche in einander, oder als die Annahme eines dritten eigenthümlichen Mittelreiches zwischen beiden ausführen, welches ebenso wie jene beiden, seine Gattungsbegriffe habe, in dem Ganzen seines Gebietes aber einer Bildungstendenz folge, die eine Art Mitte zwischen dem Geiste des vegetabilischen und dem des animalischen Daseins halte. Diesen Meinungen würden wir nun eine dritte hinzufügen können, welche die Eintheilung jener zweifelhaften entwicklungsfähigen Gestalten in das eine der beiden Naturreiche deswegen für unmöglich erklärte, weil sie vielmehr gar keine legitimen Naturproducte sind, sondern wie die Krankheiten den normalen Processen des Lebens, so den legitimen Gattungen des Lebendigen als nur mechanisch nicht aber ideal berechtigte und nothwendige gegenüberstehn. Ich unterlasse es billig, einem so ungewohnten Gedanken eine weitere Ausführung zu geben; die Meister der Wissenschaft, denen ein klarer Ueberblick über den unermesslichen Formenreichthum dieses zweifelhaften Gebietes zu Gebot steht, werden mit einem Blicke beurtheilen, ob unserer Phantasie irgend einige Anwendbarkeit zukommt, oder ob sie zu den abstracten Möglichkeiten gehört, welche kennen gelernt zu

haben, nur dazu dient, die Bedeutung und den Werth des Wirklichen besser zu beurtheilen.

§. 39.

Unterschied der Pflanzen und der Thiere.

453. Halten wir es nun nach dem Vorigen für zweifelhaft, ob alles das, was wir lebendig nennen, überhaupt Glied irgend eines Naturreiches ist, so können wir auch eine Nothwendigkeit, solcher Reiche nur zwei zu unterscheiden, nicht beweisen. Allein die Wahrscheinlichkeit eines Zwischenreiches zwischen Pflanzen und Thieren erscheint uns unendlich gering, denn das Motiv, es anzunehmen, liegt bis jetzt nicht in der eigenthümlichen Bedeutsamkeit einer Organisationstendenz, die mit grosser Folgerichtigkeit in einer beträchtlichen Anzahl einzelner Gattungen festgehalten, sich von den entsprechenden Tendenzen des Thier- und Pflanzenreichs wesentlich unterschiede; es liegt vielmehr nur in der Unklarheit der Züge und in der Unentschiedenheit, mit der uns der Bildungsplan einer zwar zahlreichen aber in ihrer Ausbildung sehr unvollkommnen Klasse der Geschöpfe sich darstellt. Deshalb werden wir dem gewöhnlichen Vorurtheile, das ohne Zweifel seine guten und bedeutenden Gründe hat, folgen, und nur noch die Principien anführen, die man zur Unterscheidung der pflanzlichen und der thierischen Organisationen angewandt hat. Dass keines dieser Principien wenigstens bei dem jetzigen Zustande unserer Beobachtung in allen Fällen zur Entscheidung der Frage hinreiche, ob Thier, ob Pflanze vorliege, haben wir schon erwähnt; aber diese Unzulänglichkeit lässt jene Kriterien nicht sogleich werthlos werden. Immer werden sie vielmehr bedeutsame Züge darstellen, die der Bildungsidee des einen oder des andern Reiches eigenthümlich sind, und diese positive Anschauung des Geistes, der in jedem von beiden herrscht, ist ein viel wichtigerer Gewinn der Vergleichung jener Kriterien, als ihre blos praktische Anwendung zur Unterscheidung der Geschöpfe auch in ihrer vollständigsten Ausdehnung sein würde.

454. Das entscheidende Merkmal, auf welches die unwissenschaftliche Phantasie den Unterschied von Pflanze und Thier zurückführt, würde zugleich, wenn es wahr und als Merkmal leicht erkennbar wäre, das wissenschaftlich bedeutendste sein.

Es besteht darin, dass nur die Thiere beseelte, die Pflanzen unbeseelte Wesen sind. Kein anderer Unterschied ist so bedeutsam wie dieser; keiner eröffnet so wie er, eine durch keinerlei Mittelglieder zu überbauende Kluft; kein anderes Princip endlich zieht so wie dieses, eine unübersehbare Reihe von Consequenzen in Bezug auf den Bau, die Entwicklung und die Functionen der Wesen nach sich. Aber leider ist dieser Unterschied keine Thatsache der Beobachtung, sondern aus sehr zweideutigen Beobachtungen auf einem, falls er mehr als Wahrscheinlichkeit, falls er Gewissheit geben soll, logisch unmöglichen Wege gefolgert. Nur die Bewegungen und ihre Form sind es, aus welchen man auf Gegenwart oder Abwesenheit der Beseelung zurückschliesst. Wie wenig diese Schlüsse kräftig sind, hat Fechner mit einer Klarheit und Ausführlichkeit gezeigt, durch die wir uns gern einer ähnlichen Ausführlichkeit überheben lassen, da die Erledigung dieser Frage passender der Physiologie des geistigen Lebens überlassen bleibt. (Fechner, Nanna oder über das Seelenleben der Pflanzen. 1848.). Es genügt hier zu bemerken, dass die Abwesenheit aller der Kennzeichen, in welchen sich an den Thieren das geistige Leben äussert, dass selbst der Mangel des Nervensystems und aller jener Gliederung, an welche dasselbe dort geknüpft erscheint, zwar eine grosse Wahrscheinlichkeit, aber keine logische Gewissheit für das Fehlen jedes psychischen Daseins in den Pflanzen begründen kann. Dass bei so grosser Verschiedenheit der körperlichen Organisation dieses geistige Leben der Pflanzen ausserordentlich von dem abweichen werde, das wir in den höheren Thieren zu beobachten gewohnt sind, versteht sich von selbst; dass es ebenso sehr von dem der niedern Thiere verschieden sein und deshalb noch immer einen specifischen Unterschied zwischen beiden Reichen zulassen würde, ist nicht ebenso gewiss; denn in jenen niedersten Klassen der Thierwelt verschwinden bereits gar manche von den Zügen der Organisation, an welche wir uns, geleitet durch die gewohntere Betrachtung der höheren, jedes geistige Leben geknüpft zu denken pflegen. In jedem Falle aber würde dieser Unterschied der Beseelung und Seelenlosigkeit zwischen beiden Reichen keine praktisch sehr brauchbare Grenzlinie ziehen, bevor nicht die Erscheinungen, in denen sich der Einfluss der

Seele zeigt, auf eine viel bestimmtere Weise als jetzt von den Bewegungsprocessen rein mechanischer Art unterschieden werden können. Anstatt deshalb hier auf diesen Unterschied einzugehn, wenden wir uns zu den einzelnen Verschiedenheiten, die sonst noch Thiere und Pflanzen zu trennen scheinen, und die uns mehrfach auf ihn zurückführen werden.

455. Schon der Verlauf der chemischen Processe scheint in Pflanzen und Thieren verschiedene Wege zu gehn. Zwar mystisch unklar und thatsächlich unrichtig war die bekannte Behauptung der Naturphilosophie, dass zu dem Wasser als dem allgemeinen Bildungsstoffe, in dem vegetabilischen Leben als bezeichnendes Element sich der Kohlenstoff, im thierischen noch überdies der Stickstoff zugeselle. Die Kohlenhydrate sind dem animalischen Körper nicht minder wichtig, als die stickstoffhaltigen Substanzen dem vegetabilischen; nur dies gilt, mit Ausnahme der Cellulose in den Hautbedeckungen der Tunicaten, in völliger Allgemeinheit, dass die Gewebe der Pflanzen nur aus der ersten, die der Thiere nur aus der zweiten Klasse von Stoffen gebildet sind. Wir haben ferner schon früher erwähnt, wie der Thierkörper seine Nahrung aus vegetabilischen oder andern thierischen Bestandtheilen, die Pflanze dagegen die ihrige aus der unorganischen Welt entlehnt. Aber unrichtig würde der gewöhnliche Ausdruck dieses Unterschiedes sein, dass nur die letztere die Elemente zu organischen Materien verknüpfe, jene nur bereits organisirte Stoffe weiter zu assimiliren im Stande seien. Auch die Pflanze setzt bereits gebildete Kohlensäure zu ihrem Bestehen voraus, und Nichts berechtigt uns zu der Annahme, sie vermöge Kohlenstoff mit den Bestandtheilen des Wassers zu organischen Verbindungen zu vereinigen. Ihre stickstoffhaltigen Bestandtheile scheint sie allerdings, obwohl auch dies nicht gewiss ist, durch Verknüpfung des elementaren Stickstoffs mit andern organischen Stoffen herzustellen; aber es fragt sich, ob sie dieses Vermögen in sehr bedeutend höherem Grade besitzt, als der Thierkörper. Auch dieser zeigt unter Umständen eine Absorption des Stickstoffs, die sich auf eine Assimilation desselben deuten lässt; auch die Pflanze umgekehrt gedeiht viel besser, wenn sie die stickstoffhaltigen Ausscheidungen des Thierkörpers bereits gebildet zu verwenden Gelegenheit hat. Dennoch gestehen wir gern, dass diese

zweifelhaften Umstände die Bedeutsamkeit jenes Unterschieds ziemlich ungeschmälert fortbestehn lassen, und dass in der That der Pflanzenkörper von unorganischen, das Thier sich von organischen Stoffverbindungen nährt.

456. Aber man hat dieser Unterscheidung noch eine andere Deutung gegeben. Werfen wir zuerst unsern Blick auf die unorganische Umgebung, so müssen wir natürlich voraussetzen, dass allen wirksamen chemischen Kräften in dem Grade, in welchem sie es verlangen, Genüge geschehn ist; alles, was unter den gegebenen Umständen oxydirbar war, hat Oxydation erlitten. Die Kohlensäure der Atmosphäre ist ein Theil dieser Substanzen, deren chemischer Zustand im Gleichgewicht mit den auf sie wirkenden chemischen Bedingungen ist. Das Wachsthum der Pflanze, indem es Kohlensäure auf irgend eine Art in weniger oxydirte Substanzen umwandelt und Sauerstoff entlässt, stört dieses unorganische Gleichgewicht, und obwohl die Benutzung der Kohlensäure ebenso sehr eine Zersetzung als eine Neubildung ist, so erscheinen doch die Kohlenhydrate und die eiweissartigen Körper, sofern sie von den eigenthümlichen Bedingungen der vegetabilischen Stoffumwandlung gegen den Lauf des unorganischen Chemismus erzwungen werden, bei weitem mehr unter dem Gesichtspunkt einer neuen Bildung, die Pflanzen unter dem producirender Apparate. Der thierische Körper dagegen nimmt jene Stoffe auf, ohne mit Abrechnung geringerer Veränderungen durch fortgesetzte Assimilation ihre Zusammensetzung wesentlich weiter zu entwickeln; im Laufe seiner Functionen dagegen beginnt er zersetzend auf sie zu wirken und entlässt zuletzt aus sich die Kohlensäure wieder, aus der der vegetabilische Chemismus das künstliche Gebäude der organischen Stoffe aufgeführt hatte. In diesem Sinne erscheint das thierische Leben nicht als stoffbildend, sondern als verzehrend, und Pflanze und Thier ständen als die scharfen Gegensätze producirender und consumirender Apparate einander gegenüber. Was wir früher im Einzelnen über den Gang des organischen Chemismus bemerkten, reicht hin, um diese Ansicht zu beurtheilen, die man zu exclusiv fasst, wenn man von den Pflanzen jede Consumption organischer Stoffe zum Zwecke ihrer Bildung leugnet.

457. Physikalische Eigenschaften hat man wenig als

diagnostische Merkmale berücksichtigt; sie eignen sich auch praktisch wenig dazu wegen der Schwierigkeit, sie an einer gemeinschaftlichen Skala zu vergleichen. Dennoch sind sie nicht bedeutungslos und ihre Verschiedenheit hängt begreiflicher als die der chemischen Zustände mit der übrigen Organisation beider Reiche zusammen. Elasticität und Härte kommen in beiden Reichen an einzelnen Producten in sehr verschiedenen Abstufungen vor, aber das pflanzliche Gewebe unterscheidet sich von den meisten thierischen durch eine viel geringere Verschiebbarkeit seiner einzelnen Theile. Allerdings sind die grösseren Abtheilungen des Pflanzenkörpers, Zweige, Blattstiele, Blattflächen einer viel grösseren Veränderung der Lage und Gestalt fähig, als, bei höheren Thieren wenigstens, selbst durch die Hilfe der Gelenke möglich ist. Aber die gegenseitige Verschiebung, die hier zwischen benachbarten Theilen eintritt, ist dennoch sehr gering, und wir sehen, wie eine länger anhaltende Erschütterung der natürlichen Lage der Elemente, z. B. durch Sturm, auch die Functionen stört, und die Blätter lappig an dem hängenden Stiele schweben lässt. In den niederen Thieren ist dagegen häufig die Bewegung so wie einzelne Acte der Ernährung mit einer völligen Gestaltveränderung des ganzen Körperumrisses verbunden; in den höheren bleibt wenigstens in der Oberhaut, in den Gefässen, den Muskeln, endlich in dem nachgiebigen Zellgewebe, welches alle inneren Theile verbindet, eine Veränderlichkeit der Lage der kleinsten Theile zurück, im Vergleich mit welcher das Pflanzengewebe im Ganzen steif und spröde erscheint. Es ist kaum nöthig zu bemerken, wie diese Eigenschaft des Thierkörpers mit seiner Aufgabe, Leistungen nach aussen hervorzubringen, nothwendig zusammenhängt, während eine Entwicklung, die nur im Wachsthum und in der Entfaltung einer Form besteht, keine andere Beweglichkeit bedarf, als die, die hinreicht, den mechanischen Bewegungseinflüssen der äussern Welt sich für gewöhnlich zu accommodiren.

458. Auch die anatomischen Verschiedenheiten zwischen Thier und Pflanze sind so vielfach bereits berührt worden, dass eine kurze Zusammenfassung an diesem Orte genügt. Ist ein Keim mit seinen specifischen Massen und der nöthigen Anordnung seiner Elemente einmal gegeben, und ist die Entwicklung einer

Gestalt aus ihm das einzige Ziel des Lebens, sind endlich die äusseren Reize günstig genug vorhanden, um die Entfaltung zu gestatten, so bedarf die Pflanze, in ihr Lebenselement, die Luft und das Wasser eingetaucht, nirgends feste Bestandtheile aufnehmend, bei der breiten Oberfläche und der geringen cubischen Tiefe, die sie in ihren peripherischen Theilen jenen Elementen darbietet, der zuführenden Organe so wenig, als der Secretionsorgane. Damit fällt auch die Nothwendigkeit aller jener Hilfskräfte hinweg, durch welche die Arbeit dieser Organe im Thierkörper geleitet oder angeregt wird. Mit dem Mangel einer Leistung nach aussen verschwindet auch das Muskelsystem, und unter den einfachen Verhältnissen, die durch alle diese Umstände für das Pflanzenleben herbeigeführt werden, bedarf der Organismus auch den ausgleichenden Einfluss eines Nervensystems nicht. Der Pflanze mangeln daher alle eigentlichen Organe der Selbsterhaltung; die Kräfte, welche jeder einzelnen Zelle eigenthümlich sind, und die welche aus der Zusammenlagerung derselben zur Gestalt entstehen, reichen auch ohne ausdrückliche Zusammenfassung zu combinirten mechanischen Systemen zur Entwicklung und Selbsterhaltung hin. Nur die Herstellung des Samens, dessen specifische Natur dieses glückliche Entwicklungsspiel bedingt, scheint auch für die Pflanze eine Aufgabe von grösserer Schwierigkeit, die deshalb schon früh in der Stufenreihe der Gewächse eigenthümlich angeordnete Werkzeuge bedarf. Zeugungsorgane sind deshalb im Pflanzenreich ungefähr in derselben Ausdehnung deutlich entwickelt vorhanden, wie im Thierreich; Organe der Selbsterhaltung und der Leistungen nach aussen gehören dem letztern ausschliesslich. Aber auch sie treten nicht überall in diesem ausgebildet auf; zu einem einzigen Darmsacke hat sich in niederen Thieren der gesammte Verdauungsapparat zusammengezogen, ja selbst dieser und mit ihm die Mundöffnung, die man als beständiges Unterscheidungszeichen der Thiere von den Pflanzen festzuhalten suchte, fehlt einigen der einfachsten Thiere gänzlich.

459. Auch die morphologischen Eigenthümlichkeiten beider Reiche gewähren für zweifelhafte Fälle kein praktisches Unterscheidungsmerkmal. Die Gestalt der Thiere hält man für bestimmt in der Grösse, Form, Lage und Zahl ihrer Glieder;

nur weniges, wie Haare und andere Elemente der Hautbedeckungen, sei in ihnen unbestimmt geblieben. Dem gegenüber erscheinen die Pflanzen unbestimmt in der Anzahl der Theile, bestimmt höchstens in der Form der einzelnen und in dem Gesetz ihrer gegenseitigen Lagerung. Daher entspreche innerhalb jeder thierischen Species der Umriss des einen Individuum genau dem aller übrigen, während die Gesammtgestalt einer Pflanze weit von der einer andern von gleicher Art abweichen könne. Diese Unterscheidungen müssen jedoch, um auf ihren wahren Gehalt zurückgeführt zu werden, vor allem auf die richtigen Vergleichungspunkte bezogen werden. Thier- und Pflanzenreich verhalten sich darin entgegengesetzt, dass die höheren Organisationen des ersten geschlossene Individualitäten ausbilden, während die entwickelteren Arten des letztern im Gegentheil Aggregate von Individuen sind, die ebenso wenig abgetrennt von einander existiren können, als die einzelnen Mitglieder einer Corallenkolonie. Will man dies umgekehrte gewiss nicht bedeutungslose Verhältniss nicht selbst als einen wesentlichen Unterschied beider Reiche ansehen, so muss man die höheren Thiere mit den einfachen Pflanzen, die unselbständigen niedern Thierformationen mit den zusammengesetzten Pflanzenorganismen vergleichen. Unter dieser Voraussetzung stellt sich jene Unterscheidung anders. Es kann kaum ein Zweifel sein, dass auch in einer einfachen Pflanze, deren Vegetation einen geschlossenen Cyclus bildet, dieselbe vollständige arithmetische Bestimmtheit der Glieder obwalte, wie in dem vollkommenen Thiere. Sobald die Terminalknospe dazu bestimmt ist, selbst Blüthe und Frucht zu werden, und sobald die Seitenaxen sich in derselben Weise entwickeln, gehört der Pflanze gewiss auch eine feste Anzahl von Blättern, die der Blüthe vorausgehn, eine feste Anzahl ferner von Zweigen; dass endlich die Zahl der Kelch- und Blumenblätter, der Staubfäden, der Fächer in den Samenkapseln und der Embrya eine constante ist, wird längst zugegeben. Deshalb finden wir auch nicht, dass in Pflanzenarten von kurzer Vegetationsdauer und in einem ihnen angemessenen Klima die einzelnen Individuen in ihren Umrissen bedeutend von einander abweichen, wofür die Cerealien ein bekanntes Beispiel sind. Anders verhält es sich mit zusammengesetzten Pflanzen. Ein durch lange Jahre vegetirender Obstbaum,

dem einige Aeste der Frost zerstört, andere die günstige Lage gegen die Sonne ungewöhnlich entwickelt hat, verliert die Aehnlichkeit mit einem zweiten, den andere Combinationen der Zufälle anders gestalteten. Und nicht blos sein Umriss wird ein anderer, sondern auch im Einzelnen wird das Gesetz der Lagerung seiner Theile undeutlich. Ohne Zweifel gibt es auch für ihn einen gesetzlichen Winkel, unter dem seine Aeste vom Stamme divergiren sollen; aber unmöglich kann dieser Winkel sich erhalten, wenn in dem einen Herbst die Last einer ungewöhnlichen Fruchtfülle die Zweige wochenlang beugt, während sie im andern unbeschwert sich entfalten können. Durch so viele zufällige Störung entsteht die landschaftliche Schönheit der Pflanzen, der Ausdruck einer individuellen Lebensgeschichte, die den ursprünglichen Vegetationstypus verhüllt. Junge Bäumchen, unter gleichförmigen Umständen aus gleichem Samen gezogen, lassen dagegen die Regelmässigkeit und Aehnlichkeit ihrer Art leicht erkennen. Zu dieser Einwirkung zufälliger Umstände kommt nun der wesentliche Umstand, dass die zusammengesetzte Pflanze allerdings einen nothwendigen Abschluss ihrer Vegetation nicht besitzt und deswegen hinsichtlich der Anzahl ihrer Theile freilich unbestimmt ist, jedoch nicht mehr als ein Polypenstock.

460. Die Wirkung der äussern Einflüsse zeigt sich an der thierischen Gestalt auch, aber bei individuell geschlossener Organisation natürlich in viel geringerem Grade. Die Aehnlichkeit der Individuen einer Art kann hier nie soweit verloren gehn, weil bei der engen Zusammengehörigkeit der thierischen Theile durch ihren anatomischen Bau und ihre Functionen jede Störung, die so grosse Erfolge haben könnte, vielmehr das Leben selbst aufhebt. Dem Polypenstock können beliebige Theile abgerissen werden, so wie der zusammengesetzten Pflanze Zweige, Blüthen und Früchte; je höher entwickelt die Thiere, desto weniger besitzen sie gleich der einfachen Pflanze die Fähigkeit, Verlornes entweder zu regeneriren, oder ungeachtet des Verlustes fortzuleben. Trotz dem Allen bleibt rücksichtlich der gestaltbildenden Kräfte dennoch ein Unterschied zwischen beiden Reichen. Bei der fortdauernden Bildungsthätigkeit der Pflanzen hat der Einfluss äusserer Bedingungen einen grösseren Spielraum seiner Effecte. Die Zahl der Blätter, die an einem Seitenzweige der Blüthe vor-

angehn, lässt sich durch den Wechsel der Umstände vermehren und vermindern; das Hervorsprossen dieser Nebenaxen selbst geschieht nicht so regelmässig, als es die Formel der Pflanze verlangen oder gestatten würde; die Cultur vermag Umwandlungen einzelner Formtheile, wie der Staubfäden zu Blumenblättern zu bewirken. Von dieser Biegsamkeit der gestaltenden Kräfte besitzt der Körper des Thieres Nichts, wenn wir nicht Monstruositäten der ersten Bildung, die fast nie lebensfähig sind, als Analogien aufzählen wollen. Wir können daher nicht umhin, der oben gemachten Unterscheidung hinlängliche Bedeutsamkeit zuzugestehn; ein praktisches Merkmal der Diagnose bildet sie jedoch nicht, denn grade die zweifelhaften Wesen geben keine Veranlassung zur Vergleichung dieser Formen, die ja bei ihnen noch nicht vorhanden sind. Stellen wir eine thierische Monade der vegetabilischen Wasserlinse gegenüber, so können wir zwar meinen, dass in der ersten schon Gestaltungskräfte wirken, welche von denen der zweiten verschieden sind und zu ganz abweichender Bildung führen würden, wenn überhaupt die Möglichkeit einer Weiterentwicklung vorhanden wäre; so wie jedoch einem Punkte Niemand ansieht, welcher geraden oder krummen Linie Anfang er ist, so können auch hier die virtuellen Effecte der vorhandenen Kräfte keine Unterscheidung begründen, so wie umgekehrt der Mangel dieser Unterscheidbarkeit eine principielle Verschiedenheit der Gestaltungskräfte nicht ausschliesst.

461. Unabhängig von der Rücksicht auf die Natur der bewirkenden Kräfte lassen die vollendeten Gestalten beider Reiche noch manche Vergleichungen zu, die theils für den Lebensprocess ihrer Unterthanen eine gewisse mechanische Wichtigkeit besitzen, theils in freierer, ästhetischer Weise auf die ideale Eigenthümlichkeit ihres Daseins hinweisen. Wir haben jedoch dieser Vergleichungen im Vorübergehn so oft schon gedacht, dass ein kurzer Rückblick hier genügt. Die ausserordentliche Oberflächenbildung der Pflanzen bei geringem cubischen Inhalt fällt sogleich in ihrem Gegensatz zu dem massenhafteren, zusammengedrängten Typus der thierischen Formation auf. Sie hängt auf das Engste mit dem Mangel der Organe in dem Innern der Pflanze zusammen und man kann in der That behaupten, dass alle diese stoffbereitenden Oberflächen, welche die Pflanze nach aussen

wendet, in dem Thiere nach innen gekehrt sind, und äusserlich von den Apparaten der Empfindung und der willkührlichen Bewegung verhüllt werden. Aber es entspricht weder durchgängig dem Thatbestande der Formen, noch auch der Geschichte der Entwicklung, die Pflanzengestaltung das Verfahren fortgesetzter Ausstülpung, die Bildung der Thiere das einer wiederholten Einstülpung befolgen zu lassen. Weder in dem Keime der Pflanze noch in dem des Thieres existirt jener indifferente Schlauch, der durch solche Manipulationen in verschiedenartige Formen gefaltet würde; in jenen ist die Entwicklung ein Nachwachsen aus neu erzeugten Stoffen, in diesen ist die Gestalt das Ergebniss des Zusammenwirkens einer Anzahl chemisch differenter, verschieden gelagerter und bald auch in ihren Functionen abweichender Elemente. Es ist ebenso irrig, der Pflanze ein Wachsthum nach aussen, dem Thiere ein Hineinwachsen in sich selbst zuzuschreiben. Das letztere, an sich unmöglich, ist eine völlig willkührliche Hervorhebung der lebhaften Gestaltungsprocesse, durch welche in der Zeit der ersten Bildung die inneren Organe des Thierkörpers sich auszeichnen. Aber neben ihnen steht, nicht minder bedeutend, aber von dieser Ansicht vernachlässigt, das Wachsthum der Extremitäten nach aussen. Dass anderseits der Pflanzenkörper, zu fortwährender Entwicklung bestimmt, für diese nur nach aussen hin Platz finden kann, ist mechanisch zu einfach, als dass es noch einmal als besonderer ästhetisch bedeutsamer Zug zu erwähnen wäre. Es ist wichtiger, dass im Thiere die Hauptaxe des Körpers durch die Apparate der Bewegung, inneres oder äusseres Skelet und Muskelsystem bestimmt wird, und alle vegetativen Organe in dem Raume untergebracht sind, welchen diese Theile eingrenzen, während das Gerüst der Pflanze aus denselben Elementen besteht, denen Ernährung und Assimilation übertragen ist. In gleicher Weise hebt man hervor, dass die Pflanze ihre Fortpflanzungsorgane nach aussen kehrt, das Thier sie im Innern verbirgt, was halbwahr und weniger wichtig als der andere Umstand ist, dass gerade die Vegetabilien jene Theile mit einer so mannigfaltigen, festbestimmten und formenreichen Gruppe von Bildungen umgeben, wie sie in den entwickelten Formen des Thierreichs nur in den feinen Zügen der Gesichtsbildung ein Analogon findet.

§. 48.

Die Stufenfolge der lebendigen Wesen.

462. Von dem Begriffe der Zusammengehörigkeit und innerer Verwandtschaft seiner einzelnen Glieder, den die Vorstellung eines Naturreichs einschliesst, ist nicht weit zu dem einer Rangordnung des in ihm Verbundenen. In der That hat die Naturbetrachtung aller Zeiten dahin geführt, in der unendlichen Menge der lebendigen Geschöpfe eine aufsteigende Stufenreihe immer grösserer Vollkommenheit zu finden, und nur die Versuche, diesen aus mancherlei Eindrücken entsprungenen Gedanken wissenschaftlich zu rechtfertigen, haben nach dem Geiste der Zeiten verschiedene Wege genommen. Zweierlei kann jene *Stufenfolge* bedeuten; entweder innerhalb eines Gattungsbegriffs eine zunehmende Vollkommenheit der einzelnen Gestalten, die ihm entsprechen sollen, oder in der Vergleichung verschiedener Gattungsbegriffe eine Gliederung derselben nach dem gesteigerten Werthe und der höheren Bedeutung, die ihr Inhalt von Stufe zu Stufe erlangt. Zwar auch diese verschiedenen Gattungstypen liessen sich als Glieder noch allgemeinerer Ideale bezeichnen, aber in der Anwendung würde sich finden, dass doch die Anordnung derselben in eine Stufenreihe zuletzt nicht von der grösseren Vollkommenheit herrührt, mit der sie einem noch höheren Begriffe adäquat sind, sondern von einer unmittelbar gefühlten Steigerung der Bedeutsamkeit, welche die oberen Glieder der Reihe vor den niederen auszeichnet. So bildet allgemein die Phantasie der Naturbeobachtung die Stufenfolge des Unorganischen, des Pflanzlichen und des Thierischen in der letztern Weise aus, ohne ein deutliches noch allgemeineres Gattungsbild vor Augen zu haben, dem diese Glieder immer besser entsprächen; so wird dagegen innerhalb jedes dieser Reiche die weitere Scala stets in der Meinung gebildet, dass die höheren Thiere oder Pflanzen dem wesentlichen Begriffe thierischen und pflanzlichen Daseins besser entsprächen als die niederen.

463. Es ist von Interesse, sich zuerst die logische Möglichkeit einer solchen Voraussetzung zu vergegenwärtigen. Alles was überhaupt unter irgend einen Begriff als dessen Art untergeordnet werden soll, muss die Merkmale, die derselbe mit Be-

stimmtheit verlangt, nothwendig besitzen, oder es hört auf, ihm subsumirbar zu sein; in anderen Merkmalen, welche der Allgemeinbegriff nur in unbestimmter Form verlangt, kann allerdings das Einzelne sich frei bewegen; aber eben weil der allgemeine Typus diese Merkmale unbestimmt lässt, kann die Weise, wie sie an einem Einzelnen bestimmt sind, niemals den Grund abgeben, es für angemessener dem Begriffe anzusehn, als ein anderes. Ueber die gegenseitige Verbindungsweise der Theile gilt ein Aehnliches, und so schiene es, als wenn überhaupt jedes Einzelne seinem Gattungsbegriffe entweder entspräche oder nicht; und als wenn es zwar in verschiedenen Weisen ihm zu entsprechen vermöchte, aber nicht in solchen, deren eine für vollkommner gelten müsste, als die andere. Man sieht jedoch, dass eine Bestimmtheit noch dem Einzelnen möglich ist, die überall Ordnung und Gradunterschiede einführt, die Quantität nämlich, und zwar die Grösse, mit welcher jedes einzelne qualitative Merkmal des allgemeinen Begriffs sich in ihm verwirklicht findet. Ohne Zweifel müssen wir im Allgemeinen voraussetzen, dass diejenigen Arten eines Begriffs die vollkommensten sind, welche allen Merkmalen des Allgemeinen eine verhältnissmässige Entwicklung gestatten, und zwischen den Grössen derselben ein harmonisches Gleichgewicht feststellen, während diejenigen unvollkommen sind, welche zwar auch alle Merkmale des Allgemeinen, aber in Missverhältnissen, besitzen, das eine bis zu excessivem Vorwalten ausgebildet, das andere bis zu fast verschwindender Andeutung herabgedrückt. Da die Merkmale eines allgemeinen Begriffs übrigens häufig disparat, und nicht unmittelbar nach einerlei Mass zu messen sind, so wird man nicht verführt sein, die eben gemachte Bemerkung so zu missverstehen, als wenn eine gleiche absolute Grösse aller Merkmale die Vollkommenheit jedes Objects ausmachte; jenes Gleichgewicht findet vielmehr statt, wenn jedes Merkmal die Grösse besitzt, die seinem Werthe für das Ganze des Allgemeinbegriffs zukommt, und es kann im einzelnen Falle sehr wohl möglich sein, dass die gleiche absolute Ausbildung der Merkmale das Unvollkommene, das Ueberwiegen einzelner die grössere Vollkommenheit wäre.

464. Das Unternehmen, die Gattungen der Thiere und Pflanzen in eine aufsteigende Stufenreihe zu ordnen, setzt mithin nicht

nur die Kenntniss aller für beide Reiche characteristischen Merkmale, sondern auch eine mögliche Beurtheilung des Werthes voraus, den jedes einzelne besitzt. Die erste dieser Aufgaben könnte vielleicht durch die aufgezählten mannigfachen Unterschiede zwischen Thieren und Pflanzen erledigt scheinen, deren jeder zugleich einen positiven Beitrag zu dem Bilde dessen ausmacht, das er von dem andern trennt; die zweite ist unläugbar schwieriger, und die Entscheidung, welche Züge des thierischen Daseins z. B. in einer Stufenleiter der Vollkommenheit immer deutlicher hervortreten müssten, welche andere im Gegentheil durch ihr Zurückbleiben oder Verschwinden zur Vervollkommnung beitragen, bleibt meist einer ästhetisch erregten Phantasie überlassen, die in der Wahl ihrer Gesichtspunkte häufig fehlgreift. Diese Uebelstände werden stets vorhanden sein, so lange die Begriffe von Pflanze und Thier nur aus der Beobachtung gewonnen sind, die immer nur einen gewissen Thatbestand der Verbindung und Gruppirung von anschaulichen Elementen nachweist, ohne uns die Formel oder die Gleichung, durch welche Werth und Beziehung derselben unter einander bestimmt wird, neben der anschaulichen Erscheinung noch einmal ausdrücklich zu wiederholen. Wo man deshalb eine Stufenreihe der Vollkommenheit entwerfen will, wird man sich stets nach einem constitutiven Begriffe des Objects umsehen, nicht nach einem descriptiven: man wird das Object nicht beschreiben durch Angabe seiner Eigenschaften, sondern durch kurze und scharfe Bezeichnung dessen, was es sein soll, seiner Bestimmung oder seiner Idee, aus der sich rückwärts nicht nur die Merkmale des descriptiven Begriffs, sondern zugleich die Wichtigkeit ableiten lässt, die jedem einzelnen für den Fortschritt der Reihe zukommt. So ist es ganz natürlich geschehen, dass der Eifer für solche Klassificationen sich hauptsächlich in jener philosophischen Richtung der Naturbetrachtung erhalten hat, welche aus einem vorausgesetzten Weltgrunde und seiner nothwendigen Entwicklung aus zuerst auf die wesentlichen erzeugenden Begriffe aller Dinge kommen zu können vermeinte, zu denen die Beobachtung nur die anschaulichen Belege zu liefern hatte. Indem die Theorie auf diese Weise nicht von der Seite der Zuschauer her, wo die Erscheinungen ihr nur als Ergebnisse unbekannter Bedingungen gegenübergestanden hat-

ten, sondern gewissermassen von der Seite der Maschinerie her zu dem Schauspiel der Natur getreten wäre, hätten ihr von Anfang an alle Fäden offen vorgelegen, von denen die Dinge bewegt werden, welche dagegen jede regressive von der Erscheinung anhebende Theorie erst zu suchen und mühsam zu einem gemeinschaftlichen Gesichtspunkt zu verbinden hätte.

465. An diesen Ansichten erscheinen uns nun zwei Punkte von allgemeinerem Interesse. Zuerst jene Voraussetzung, dass die Entwicklung einer schöpferischen Idee jede Stufe, die sie während der innern Arbeit ihrer Vervollkommnung erreicht, in einer eignen Gattung von Wesen bleibend verewigen müsse; dann aber, die Richtigkeit dieser Annahme zugestanden, die Deutung, die man dem Entwicklungsstreben der Idee gegeben, und mit welcher natürlich die wesentlichen Begriffe, die man für die einzelnen Geschöpfe als Durchgangspunkte desselben aufstellte, untrennbar zusammenhängen. Was nun zuerst jene Ausprägung der successiv erreichten Ausbildungsstufen in einzelnen wirklichen Geschöpfgattungen betrifft, so würde sie uns begreiflich erscheinen, sobald die frühere Stufe eine beständige causale Voraussetzung der späteren bildete. Dass die Natur etwa zuerst die niederen Organismen geschaffen habe, um aus ihnen, nicht nur durch wiederholte Einwirkungen bildender Kräfte nach ihnen die höheren Gattungen zu entwickeln, würde von diesem Gesichtspunkte aus eine mögliche Ansicht sein; eben so würde eine beständige Coexistenz des Niedern neben dem Höheren sich erklären lassen, sobald eine ebenso fortdauernde causale Abhängigkeit des Entwickelteren und Bedürfnissreicheren von dem Einfacheren und Beständigeren als ihr Grund angesehen werden könnte. Aber Nichts davon findet statt; die höheren Glieder der Reihe setzen nur ihrem vermeinten Werthe nach, aber in keiner causalen Hinsicht die niederen voraus. Stellt man sich daher die ganze Reihe nur als Studien vor, die den Schlusspunkt zu erreichen streben, so ist nicht einzusehen, warum die Idee schaffen sollte, ehe sie zu schaffen versteht; und warum wir nicht vielmehr die ihrer Ziele ebenso mächtige als bewusste Idee nach einer vielleicht vorangegangenen inneren Ausbildung als die einzige Werkmeisterinn der Natur betrachten sollen. Ohne Zweifel ist es so; und wenn wir dennoch die niederen Geschöpfe als

Durchgangspunkte betrachten wollen, durch welche das Bildungsstreben der Idee sich einem allein vollkommnen Endgliede nähert, so müssten wir dann vielmehr annehmen, dass in dem ganzen Zusammenhange der Welt noch ein besonderes Motiv liege, welches diese Gestalten, obgleich sie nur Durchgangspunkte sind, dennoch zu ewigen, sich stets durch Weitererzeugung erneuernden Formen des Daseins erhebt. Es begegnet uns oft, dass alltäglich wahrgenommene Verhältnisse der Erscheinungen um dieser Geläufigkeit ihrer Anschauung willen uns zunächst als sich von selbst verstehende erscheinen; später möchten wir am liebsten ihr Vorhandensein ganz läugnen, weil wir die Unmöglichkeit dieser Selbstverständlichkeit einsehen; zuletzt kommen wir wohl zu der Erkenntniss, dass, was analytisch nicht zusammenhänge und nicht sein müsse, dennoch synthetisch zusammenhänge und sein solle, indem ein ausdrücklicher positiver Zug der Weltordung seine Wirklichkeit verlangt.

466. Das Ziel ferner, welches die Entwicklung der Idee zu erreichen strebt, müsste in grösster Deutlichkeit vor unsern Augen stehen, denn dann erst liesse sich beurtheilen, wie weit von ihm jede einzelne Stufe entfernt sei, obwohl auch nur dies allein, zu entscheiden, in welchem Grade eine vorhandene Naturbildung einem Ideale entspricht, eine weit grössere Kenntniss voraussetzen würde, als wir sie von irgend einem Geschöpfe bis jetzt besitzen. In der Bestimmung jener Aufgabe nun, die dem Lebendigen gestellt ist, sind die verschiedenartigsten Vorurtheile geschäftig gewesen. Zwei Klassen der Ansichten können wir unterscheiden, die einen, welche den schöpferischen Begriff der Pflanzen- und Thierwelt ohne Rücksicht auf Erfahrung aus absoluten Principien zu construiren streben, die andern, welche aus der Beobachtung der thatsächlich vorhandenen Schöpfung den Punkt zu bestimmen suchen, zu welchem als ihrem Ziele alle in der Natur sichtbaren Bildungsbestrebungen convergiren, und aus dem dann rückwärts die Richtungen und Wendungen zu verstehen sein würden, die jede dieser Linien vor dem Anlangen an dem Ziele nahm. Eine besonnene Wissenschaft wird stets dahin streben, beide Wege, jenen progressiven und diesen regressiven zugleich zu betreten, und wenn sie auch nicht vermag, auf beiden zu demselben Ziele zu gelangen, so wird sie doch

die auf beiden gewonnenen Ergebnisse häufig genug übereinstimmen sehen, um daraus wenigstens Trost für die Richtigkeit ihrer Bemühung zu schöpfen. Aber auch die unbesonnene Praxis der Klassification berücksichtigt beide Wege zugleich; sie kann weder aus der absoluten Idee etwas Anschauliches ableiten, ohne durch verstohlene Erinnerung an die Anschauungen der Erfahrung geleitet zu werden, noch vermag sie, aus dem Material der Beobachtungen ein natürliches System der Geschöpfe zu bilden, ohne, wie wir zeigten, sich dabei verschwiegener Voraussetzungen über eine gemeinsame sich in jedem Reiche derselben entwickelnde Idee zu machen.

467. Was nun von philosophischer Seite für die Aufgabe der Klassification gethan worden ist, in neuester Zeit hauptsächlich unter dem Einfluss der Schellingischen und Hegelischen Schule, hat meist den Fehler, das Ziel der sich rastlos fortbildenden Idee des Lebens völlig unhaltbar bestimmt zu haben. Und zwar dies aus dem Grunde, weil der Inhalt jenes schöpferischen absoluten Weltgrundes selbst, aus dem die Fülle der anschaulichen Schöpfung hervorgehen sollte, viel zu arm und unbestimmt gedacht wurde, als dass in ihm irgend ein gestaltendes Princip, irgend ein Grund für die formenreiche Entwicklung der Welt hätte liegen können. Es ist früher (§. 11.) und anderwärts schon erwähnt worden, wie es kam, dass als das wesentliche Entwicklungsstreben dieser Idee ein rein formaler Verwandlungsprocess angesehen wurde, der wohl in der Welt herrschen kann, sofern er als eine nothwendige Form auftritt, die ein anderer wesentlicher und bedeutungsvoller Entwicklungsgang der Dinge mit sich führt, der jedoch sinnlos wird, sobald er aus eigner Kraft und Würde das primitive Schicksal des Weltlaufs vorstellen soll. So mag es wohl sein, dass in der wesentlichen inhaltvollen Natur des höchsten Weltgrundes eine bedeutungsvolle Regsamkeit vorhanden ist, die es nothwendig mit sich bringt, dass in den Erscheinungen, in denen sie zu Tage kommt, Differenzirungen und Indifferenzirungen, Spaltungen eines Einfachen in Duplicitäten und Gegensätze, Zusammenfassungen des Gespaltenen in neue Einheiten und ähnliche Verhältnisse allenthalben zu bemerken sind; allein auf diesen formalen Schatten einer wahrhaften Entwicklung ruht kein selbständiger Werth, und Nichts in der Welt

kann uns berechtigen, einen Erscheinungskreis, in welchem die Complication solcher Verhältnisse zu einem grösseren Luxus gediehen ist, für werthvoller oder vollkommner zu halten, als einen anderen von grösserer Einfachheit der Verhältnisse. Allerdings ist es eine ästhetische Wahrheit, dass grössere Mannigfaltigkeit, durch eine constante Regel gebändigt, grösseren Werth hat, als das Einfachere; allein wo dieser Eindruck nicht bloss sinnliches Behagen ist, beruht er eben auf der Ahnung, dass dieser Formenreichthum der erscheinende Ausdruck eines Höheren sei; die Wissenschaft würde dies nicht ahnen, sondern aufsuchen müssen. Wir müssen deshalb in jenen gemeinschaftlichen Tadel vielerlei Versuche einschliessen, die hier einzeln aufzuführen überflüssig sein würde, und die nur darum besonders schädlich sind, weil sie allerdings, mit einiger Lebhaftigkeit der *Phantasie* unternommen, stets auch wieder die Phantasie auf ästhetische Weise gefangen nehmen und mehr wissenschaftlichen Kern vermuthen lassen, als in ihnen zu finden ist.

468. Ganz ähnliche Irrthümer haben auch auf jene Klassificationen eingewirkt, welche Naturforscher unter dem Einflusse philosophischer Lehren unternahmen. Weniger an abstracte aus dem Absoluten stammende Begriffe, mehr an die Anschauung der Wirklichkeit gewöhnt, haben sie sich meist begnügt, die Scala des Fortschritts in der Entwicklung des Lebendigen mehr in der allmähligen Ausarbeitung eines anschaulichen Typus, als in der Veranschaulichung eines Gedankens zu finden. So entstanden jene zahlreichen Theorien, welche in den höheren Stufen beider organischen Reiche nur entfaltete Wiederholungen der niederen sehen. Sie stehen auf dem Standpunkte einer nicht mehr ideal interpretirenden, sondern einer empirisch combinirenden Wissenschaft; sie geben nicht sowohl ein deutliches Ziel an, dem das Entwicklungsbestreben der Natur nachgeht, als vielmehr eine Form der Bewegung, einen Typus, mit dem es, thatsächlich wie man meinte, behaftet ist, dessen wesentliche Bedeutung aber und Nothwendigkeit zu ergründen, ausserhalb ihrer Aufgabe liegt. Diese Versuche, da sie von Naturforschern ausgingen, sind mit ungleich grösserer Kenntniss des wirklichen Thatbestandes ausgeführt. Wie ganz ungerechtfertigte Vergleichungen und Spiele des Witzes sie aber doch zu ihrem Zwecke anwenden mussten,

und auf wie ganz anderen Gründen das beruht, was sie in der That richtig beobachteten, werden wir später zu bemerken Gelegenheit haben; wären jedoch diese Uebelstände nicht vorhanden, so bliebe allerdings die Nachweisung, dass in jedem organischen Reiche eine einzige Urform herrsche, die ohne Aufgebung ihrer allgemeinen Umrisse in jedem höheren Geschöpfe nur eine reichere und demselben Princip folgende Ausarbeitung ihrer einzelnen Theile erführe, jenen philosophischen Theorien vorzuziehen, eben weil sie nicht den Anspruch macht, die letzten idealen Gründe dieser Entwicklung aufzudecken, sondern nur den Modulus anzugeben strebt, nach welchem der Fortschritt thatsächlich stattfindet.

469. Unter allen diesen Versuchen hat keiner auf die popularen Meinungen über die Gliederung des Lebendigen so viel Einfluss ausgeübt, als die mannigfachen Bestrebungen Okens. Es ist des Mühe werth, seiner Grundsätze hierüber kurz zu gedenken. (Allgemeine Naturgeschichte 4 Bd.) Wie man eine zusammengesetzte Maschine nicht begreift, äussert er sich S. 8, ehe man die Theile auseinandergelegt hat, so ist es unmöglich, den aus allen Stoffen und Kräften der Natur zusammengesetzten Menschen zu begreifen, wenn man sie nur zusammen in seinem Leibe wirken sieht. In den Thieren sind sie aber abgesondert dargestellt, wirken ohne Verwicklung und erscheinen ohne Verhüllung, so dass man in dieser Hinsicht das Thierreich den auseinandergelegten Menschen nennen kann. Und S. 556; das Thierreich ist ein auseinandergelegter thierischer Leib, dessen Organe bald mehr bald weniger vollständig ein eigenes Leben führen, und für sich herumschwimmen, herumkriechen, laufen, fliegen; so dass das eine Thier z. B. nichts anders wäre als ein Darm, wie die Polypen, ein anderes noch die Leber hinzubrächte, wie die Muscheln, ein anderes noch die Speicheldrüsen wie die Schnecken, u. s. w. Thiere mit einem einfachen Darme stehen niedriger als solche, welche noch eine Leber haben, diese niedriger als jene, bei denen Speicheldrüsen, Lippen und Zähne vorkommen. Diese Ansicht, mit der Oken in der weiteren Ausführung auch jene Wiederholungstheorien verbindet, lässt also den Entwicklungsgang des Thierreiches in einer allmählichen Hinzufügung immer neuer Organe zu denen bestehen, die in den niedersten Formen bereits vorhanden waren. Eine solche Mei-

nung würde ganz wohl begreiflich und nicht schlechthin zu verurtheilen sein, wenn sie, die Bestätigung durch die Erfahrung natürlich stets vorausgesetzt, den Sinn hätte, dass jene hinzugefügte höhere Ausbildung ein Zweck sei, zu dessen Erreichung die niederen Formen eine causale Voraussetzung bilden, obgleich nicht genau in der Gestalt, in der sie in den niedern Thierklassen selbständig verwirklicht vorkommen. In der That hat Oken, indem er in der Classification häuptsächlich Rücksicht auf die Sinnesorgane nahm, einen ähnlichen Gedanken verfolgt, obwohl in vielfachem Widerspruche mit der Erfahrung; die letzten oben angeführten Worte sind aber ein Beweis eines Missverständnisses, das sehr häufig vorkommt, und vor allem überlegt zu werden verdient.

470. Es ist ein weit verbreitetes und doch ganz unmotivirtes Vorurtheil, dass jeder Thierkörper, in welchem mehr Mannigfaltigkeit, mehr Maschinerie, mehr überhaupt zu sehen ist, schon um deshalb höher steht, als jeder andere von einfacherer Construction. Gleichwohl kann doch nur die Grösse dessen, was ein Thierkörper in Empfindung, Bewegung und Gestaltbildung leistet, einen Massstab für seine Vollkommenheit abgeben; die Grösse der Mittel dagegen, die zu diesen Leistungen aufgeboten sind, bilden einen Massstab der Unvollkommenheit, oder wenigstens nur der Schwierigkeiten, die der Natur bei Erreichung jener Zwecke entgegenstanden. Die Technik der Natur kann uns allerdings desto grösser erscheinen, je complicirtere Verhältnisse sie anwendet, um die Schwierigkeiten dennoch zu bezwingen, aber das Product derselben, so wie es fertig dasteht, erhält dadurch keine grössere Vollkommenheit. Wäre es z. B. so, wie Oken behauptet, dass die niederen Thiere blosser Darm wären, d. h. dass sie ihre Lebenserscheinungen durch eine so einfache Organisation ermöglichten, so ist doch unbegreiflich, warum die Schnecken nun deswegen mehr werth sein sollten, weil sie dies nicht können. Sobald wir nicht Rücksicht nehmen auf das, was die Thiere leisten, wer wollte uns dann widerlegen, wenn wir ein blasenförmiges Infusorium eben um seiner Einfachheit willen das vollkommenste Geschöpf nännten? Denn hier haben sich ja in überraschender Nettigkeit und Einfachheit der Gestaltung einige wenige Stoffe so verbunden, dass sie ein Spiel von Le-

benserscheinungen unterhalten können, während in allen höheren Thieren eine immer wachsende Anzahl von regulirenden Organen und Colatorien nothwendig wird, um die fortwährenden Störungen auszugleichen, die bei ihnen dem Systeme der Massen drohen. Auf solche Weise die Sache auf die Spitze zu stellen, ist freilich nicht unsere Absicht, aber wohl können wir nur ein ganz gedankenloses Reden in den üblich gewordenen Bezeichnungen einer höhern Ausbildung dieses oder jenes Organs, oder gar einer höhern Entwicklungsstufe eines Thieres um einer solchen Ausbildung willen erkennen.

471. Diese Arten des Irrthums sind üblicher geworden, als die früheren, seitdem man vergleichend anatomische Studien den Classificationen zu Grunde zu legen pflegt. Ich kann natürlich nicht den unermesslichen Werth dieser Studien für unsere ganze naturgeschichtliche Ausbildung in Frage stellen wollen, aber die Art, wie man oft ihre Ergebnisse für die Classification der Thiere sowohl als der Pflanzen benutzt hat, gibt gerechte Veranlassung zu Einsprüchen. Wir nennen es eine unvollkommene Organisation, wenn ein Kreislauf der Säfte fehlt; in der That viel vollkommener wäre im Gegentheil die Organisation, in der er unbeschadet fehlen darf. Gewiss kommt es der Natur nicht darauf an, ein hydraulisches Kunstwerk zu schaffen, als einen Selbstzweck, in dessen immer schönerer und reicherer Ausführung ihr Triumph bestände; sondern auch diese physiologische Einrichtung ist ein dienender Process, dessen Güte in seiner Zweckmässigkeit besteht und deshalb überall gleich gross ist, wo er seinen Zweck erreicht. An keine Function des Körpers hat so sehr wie an diese, ein ästhetischer Mysticismus verwirrend angeknüpft. In dem blossen Lärm dieser Bewegung sah man das Siegel aller Lebendigkeit, die rastlose in sich zurückkehrende Regsamkeit; der Gegensatz von Arterien und Venen, Herz und Kapillaren ist bis zum Uebermass ausgebeutet worden, um in den einfachsten mechanischen Verhältnissen einen tief bedeutsamen Typus, einen speculativen Gedanken zu finden. Aber die Natur drückt wohl das Tiefste in dem Ganzen jedes Productes aus; die Mittel behandelt sie als Mittel nach dem Gesichtspunkte der Zweckmässigkeit. Wir behaupten daher ohne Bedenken, dass eine reichere Ausbildung des Kreislaufs nichts für eine höhere Entwicklungs-

stufe eines Geschöpfes beweise. Es kann Organisationen geben, die gar keinen Kreislauf bedürfen; sie werden ihn dann auch nicht haben; andere können auskommen mit einer unvollständigen Kreisbahn, ohne zusammenhängendes Gefässsystem; in noch andern wird die Schwierigkeit, einen ausgedehnteren massenhafteren Körper mit dem nöthigen Ernährungsmaterial fortdauernd zu versehen, so gross sein, dass sie zur Anwendung grösserer mechanischer Gewalt, zum Baue eines dicken musculösen Herzens mit Klappen, eines zähen und elastischen Gefässsystems und unzähliger anatomosirender feiner Kanäle nöthigt. Dass zu einer vollkommenen Organisation ein Herz und ein Kreislauf gehöre, davon werden wir fast nur durch die unvermeidlichen Unbequemlichkeiten dieser complicirten Einrichtung überredet; indem so viele äussere Eindrücke, Erschütterungen des Gemüths dieses leicht verletzliche System von Processen in Störungen versetzen, glauben wir in der Unruhe unsers Herzpochens und der Unregelmässigkeit unserer Circulation unser wahres Lebensprincip und seine Leiden wahrzunehmen. So versteht es sich freilich auch für den tief und mit Genuss Aufathmenden von selbst, dass Respiration zu dem wesentlichen Begriffe des Lebens gehöre, und dass mit ihrer Entwicklung die Vollkommenheit der Thiere steige. Gleichwohl ist sie wenigstens zum grössten Theile nichts als ein Reinigungsprocess, um die vielen Zersetzungsproducte hinweg zu schaffen, die im Innern der körperlichen Maschine entstehen und ihre Verrichtungen zu hemmen drohen. Ob ein Thier diese Reinigung durch Kiemen oder Lungen oder gar nur durch eine Hautoberfläche vollzieht, ob ihr das ganze Blut, ob nur ein Theil unterworfen ist, das Alles sind Verschiedenheiten, die an sich weder das eine noch das andere höher stellen, denn es ist auch hier nicht der Zweck der Thiere, das Phänomen eines Gasaustausches so umfassend als möglich darzustellen, sondern nur der, diesen Process in genügendem Maasse zu ihrer Selbsterhaltung zu verwenden. Was wir jedoch von solchen Beispielen noch anzuführen haben, wollen wir, um nicht zu ermüden, dazu benutzen, nun auch die andere Seite der Sache hervorzuheben.

472. Grössere Zwecke setzen im Allgemeinen grössere Mittel und eine feinere Ausbildung derselben voraus. War es daher auch unräthlich, die grössere Mannigfaltigkeit der Organisation

unmittelbar für eine höhere Vollkommenheit der Thiere zu halten, so könnte man sie doch recht wohl mittelbar als Andeutung höherer Zwecke oder wenigstens als Bürgschaft für deren Vorhandensein, und so als begleitendes Zeichen einer grösseren Vollendung ansehen. Alle jene organischen Einrichtungen, die wir eben beispielsweis erwähnt haben, würden, wenn in ihnen allein das Wesentliche einer Thierklasse bestehen sollte, ein unverständlicher Luxus der Natur sein; betrachten wir sie als Mittel, so wird ihre Mannigfaltigkeit und Ausbildung zu einer Compensation von Schwierigkeiten, die den höhern Zwecken natürlich in grösserem Masse, als den niederen, entgegenstehen. So einfach indessen dieser Grundsatz ist, so schwierig seine Anwendung. Wir können nicht sagen, dass nach unserer bisherigen Naturkenntniss in der That überall da höhere Zwecke vorlägen, wo eine nach unsern gewohnten Begriffen vollkommnere Organisation vorhanden ist, ja die Skala, nach der wir die Höhe der Zwecke selbst messen, ist nur von anscheinender Anwendbarkeit. Sie kann in Nichts anderem bestehen, als in der Mannigfaltigkeit und Feinheit der Empfindungswelt, in dem Grade der Freiheit und Gelenkigkeit der Bewegungen, in der Widerstandskraft und Biegsamkeit des Körpers gegen äussere Einflüsse, in der Fülle der ästhetischen Schönheit und Bedeutsamkeit, welche die Gestalt der Individuen entwickelt, oder welche die gegenseitigen Verhältnisse mit sich bringen, in welche sie das Lebensgesetz ihrer Gattung eintreten lässt. Dies allein sind unzweifelhaft Zwecke und Leistungen des thierischen Lebens; aber ihre Grösse in jedem einzelnen Thiergeschlecht zu bestimmen, reicht weder unmittelbare Wahrnehmung noch mittelbare Erschliessung eben aus den Verhältnissen der Organisation selber hin.

473. Was das erste betrifft, so genügt ein Blick auf die Naturreihe, um zu gewahren, dass mit der anatomisch grösseren Vollendung der Organisation nicht überall der Eindruck höherer Lebendigkeit verbunden ist, und dass, wo er oder sein Gegensatz vorzukommen scheint, beide häufig auf ganz trüglichen Anschauungen beruhen. So steht ohne Zweifel die Mehrzahl der Insecten in Bezug auf die Vielseitigkeit und den ästhetischen Werth ihres Lebens weit über den Fischen, und wahrscheinlich auch über der grosseren Anzahl der Amphibien, obgleich ihnen

jedes Knochengebäude fehlt, Circulationsapparate und Nervensystem, verglichen mit den gleichen Organen der höhern Thiere in auffallend unentwickelter Weise vorhanden sind. Durch die Raschheit und Gelenkigkeit ihrer Bewegungen, durch die Feinheit ihrer Sinnesempfindungen, durch eine Menge von Kunsttrieben und durch mannigfaltige Geschicklichkeiten, mit äusseren Gegenständen umzugehen und sie zu bearbeiten, zeigt uns eine grosse Anzahl dieser Thiere, welch intensives Leben durch die Mittel einer wirbellosen Organisation hervorzubringen ist und wie wenig der anatomische, für den Typus der Gestaltbildung so bedeutsame Unterschied der Wirbellosen und der Wirbelthiere mit einem eben so scharfen Gegensatz in der Vollkommenheit der Organisation zusammentrifft. Es fehlt nicht an zahlreichen Beispielen auch aus dem Bereich der Wirbelthiere selbst, in welchen wir Eindrücke von sehr geringem und sehr grossem Inhalt und Reichthum des Lebens bei ziemlich gleicher Stufe der anatomischen Organisation oder in Widerspruch mit der Vollkommenheit derselben erhalten. Der kaltblütige Frosch, die bewegliche Eidexe erscheinen weder in ihren Leistungen noch in ihrem Lebensgenusse unbedeutender als die Ente mit allen Mitteln der viel höheren Vogelorganisation, und unter den Säugethieren selbst gibt es viele, deren auch unter den günstigsten Umständen langweiliges äusseres Leben auf einen viel geringeren Inhalt auch ihres Innern zu schliessen überredet, als er sich etwa in der zierlichen Beweglichkeit eines Vogels ausspricht. Das alles freilich sind nur ästhetische Eindrücke, die wir unverlangt durch die Thiere erhalten, und die wir durch Reflexion und Beobachtung nur in seltnen Fällen geprüft haben. Es kann wohl sein, dass wir uns häufig irren, und den Werth eines Thierlebens falsch schätzen, weil uns die Fähigkeit mangelt, uns in dasselbe zu versetzen, oder es aus seinen äussern Zeichen zu verstehen. Indessen würde schwerlich die Berichtigung dieser Irrthümer die eben angeführten Beispiele vermindern, sie würde sie wahrscheinlich vermehren; denn für die uns am meisten unähnlichen Organisationen der niedersten Thiere haben wir gewiss das wenigste Verständniss und übersehen in ihrem Leben vieles; dagegen haben wir kaum zu vermuthen, dass das Leben eines Säugethieres

viel mehr Geheimnisse in sich fasse, als wir in seiner äussern Erscheinung verständlich ausgedrückt sehen.

474. Wenden wir uns nun zu dem Zweiten, was wir oben bemerkten, zu dem Versuche, die Vollkommenheit des Lebens in einer Thierklasse eben nicht aus dem unbefangenen Eindrucke, sondern mittelbar aus dem Ausbildungsgrade der Organisation selbst zu schliessen, so begegnen wir hier Irrthümern seltsamer Art. Sie beruhen auf dem falschen Satze, dass zur Erreichung analoger Zwecke unter den verschiedenartigsten Nebenverhältnissen dieselben Mittel nothwendig seien. In der Anordnungsweise des Nervensystems nämlich hat man zuletzt immer die sicherste Skala zu finden geglaubt, nach welcher der Vollkommenheitsgrad eines Wesens zu beurtheilen sei, und man neigt sich wohl lieber zu der Annahme, dass die psychische Ausbildung mancher niederen Thiere eben sowohl als die psychische Unbedeutendheit höhergestellter nur Verstellung sei, als dass man zugibt, jene finde trotz einer einfachen, diese trotz einer entwickelten Structur der Nerven statt. Wie viel Schlüsse hat man nicht daraus gezogen, dass bei den Wirbelthieren die Gehirnmasse ein Centralorgan bilde, während sie bei den wirbellosen in mehreren kleinen Abtheilungen im Körper zerstreut liegt. Und doch weiss man bis zur Stunde noch nicht, worin eigentlich der wesentliche Vortheil jener Concentration des Nervenmarks liegt. Niemand kann bei dem jetzigen Stande unserer Kenntniss vom Gehirn entschieden beweisen, dass hier eine grössere innere Verbindung der einzelnen Theile, und nicht nur eine äussere Annäherung zu bequemerer und sicherer Lage in einer möglichst geschützten Höhle stattfindet. Für die Einheit des geistigen Lebens ist ohnehin diese doch niemals zu einem individuellen Schlusspunkt gelangende Zusammendrängung der Nervenmassen unmittelbar von keinem grösseren Vortheil als die grösste Zerstreuung in einzelne Punkte, obwohl, wie die Physiologie des geistigen Lebens nachzuweisen hat, in dem höheren Thierleben Aufgaben vorkommen, denen sie besser zu entsprechen scheint, als diese. Auch die Grösse der Nervenmassen, weder ihre absolute, noch die relative im Vergleich zu dem Ganzen des Körpers, kann von vorn herein für einen Massstab der Vollkommenheit gelten, denn wir wissen durchaus nicht, in welchem

Umfange die leiblichen oder geistigen Functionen von der Massengrösse, in welchem andern sie von der qualitativen Beschaffenheit und der Structur des Nervensystems abhängen. Nur die Erfahrung könnte zeigen, dass die grössere Masse dem geistig bedeutenderen Leben entspricht, aber die Erfahrung, so weit sie überhaupt den Werth eines geistigen Daseins nach dem blossen Eindruck seiner Erscheinung zu beurtheilen erlaubt, hat bald zustimmende, bald entgegengesetzte Beispiele aufzuweisen. Auch das Nervensystem können wir nur als Mittel zu Zwecken betrachten, die nach der Verschiedenheit der ganzen übrigen Organisation bald einfacher sein können, bald verwickelter sein müssen, je nachdem dieser Unterschied und der der äusseren Lebensverhältnisse, auf die ein Thier angewiesen ist, der Erreichung dieser analogen Zwecke mehr oder weniger Schwierigkeiten entgegensetzen. Selbst wo das Nervensystem ganz fehlt, liegt zwar die grösste Wahrscheinlichkeit vor, dass das Leben nur geringe Mannigfaltigkeit und Feinheit seiner Leistungen besitzen werde, aber nichts berechtigt uns auch da zu der Barbarei des Okenschen Ausspruchs, solche Thiere schwimmende Gedärme zu nennen, ein Ausspruch, der ohnehin widersinnig ist, da man unter Darm entweder Nichts, oder ein Organ verstehen muss, das zur Ernährung eines von ihm noch verschiedenen Körpers dient. Auch diesen Thieren kommt ohne Zweifel ein Seelenleben der Empfindung und Bewegung zu; ihre einfache Organisation bedarf jedoch des grossen Nervenapparates nicht, der ja auch bei den höheren Thieren nur bestimmt ist, die Reize, die an allen Punkten des umfänglichen Körpers zerstreut sind, zu leiten und im Gehirn zu gegenseitiger Wechselwirkung zu sammeln. Eines solchen voluminösen Leitungsapparates überhoben, vollziehen sie vielleicht an allen Stellen ihres Körpers dieselben Processe, die im Gehirn das Endresultat aller jener Zuleitung bilden, und die uns durch alle Faserung und Schichtung dieses Organs eben so wenig begreiflicher als durch sein Fehlen unbegreiflicher werden.

475. Ist es nun trotz allen diesen Schwierigkeiten nicht dennoch erlaubt, den Gedanken einer stufenweis fortschreitenden Vollkommenheit in der Thierwelt wenigstens als eine ideale Wahrheit festzuhalten, der nur eine praktische Methode abgeht, die

Höhe der Zwecke zu schätzen, von denen der jedesmalige Grad der Vollkommenheit abhängig ist? Diese Frage werden Viele zu bejahen geneigt sein; ich glaube sie in dieser Fassung verneinen zu müssen und komme hierdurch endlich auf das zurück, was ich am Anfange dieser Ueberlegungen bereits andeutete. So wenig es sich von selbst verstand, dass die schöpferische Idee auf ihrem Wege zur Vollendung alle Durchgangspunkte dieses Weges, in denen sie ihr Ziel noch nicht erreicht, als selbständige Existenzen hinstellen musste, so unwahrscheinlich ist es, dass sie es darauf abgesehen habe, eine Reihe niederer Zwecke neben dem höchsten, der vielmehr diese alle einschliessen konnte, in verschiedenen Geschöpfen zu realisiren. Die Stufenleiter der Vollkommenheit, der blosse Gedanke der Gradation kann nicht selbst das Ziel der Idee sein, sondern wenn eine solche vorhanden ist, geht sie nur mittelbar daraus hervor, dass vor allem eine Mannigfaltigkeit der Lebensformen aus andern Gründen sein sollte, die aber, wenn sie verwirklicht ist, sich von selbst annähernd, aber nie genau in eine Stufenleiter des Werthes anordnet. Ausser Stand, hier auf die philosophischen Betrachtungen einzugehn, die dieser Ansicht zur Grundlage gegeben werden könnten, wollen wir es nur als eine Meinung hinstellen, dass alles thierische Leben darin seine Bestimmung habe, die Eigenthümlichkeit und Natur seiner äusseren Bedingungen, seines Elementes, in eine Welt der Empfindung und des Genusses zu verwandeln. So viele verschiedene Lagen der Dinge, so viele eigenthümliche Combinationen der Umstände in der Welt vorkommen, so viele besondere Elemente oder Horizonte des Lebens gibt es auch, und keinem von ihnen fehlt eine Organisation, welche die eigenthümlichen Beziehungen, die in jedem obwalten, zur Grundlage eines ebenso characteristischen innern Daseins, zu einem umschliessenden und stoffgebenden Gesichtskreis einer Empfindungs- und Genusswelt benutzte. Dies allein würde das Ziel der organisirenden Idee sein, eine Mannigfaltigkeit der Lebensformen zu erwecken, welche jedem Elemente sich anzuschmiegen weiss, und keine todte Realität bestehen lässt, die nicht auf eine oder die andere Weise, durch dieses oder jenes Geschöpf wieder idealisirt würde.

476. Wie die weiteren Gründe dieser Ansicht, so müssen

wir auch einige ihrer Consequenzen, durch welche die Nothwendigkeit eines psychischen Daseins über die Grenzen der Thierwelt ausgedehnt würde, hier verschweigen und der Physiologie des geistigen Lebens überlassen; was für unsere gegenwärtige Betrachtung dagegen aus ihr folgt, ist dies. Mit der Weite des Gesichtskreises und der Gunst der Umstände, welche irgend ein Lebenselement seinen Bewohnern gewährt, wächst natürlich der intensive Gehalt der geistigen Welt, die diese in sich entwickeln, und die Möglichkeit, über das Aeussere zurückwirkend zu herrschen, doch nicht ohne dass über der grösseren Ausdehnung der Lebensinteressen einzelne einfachere Genüsse zurücktreten, die in niederen Lebenskreisen mit grösserer Stärke ausgebildet werden. Die ursprünglich nur mannigfaltigen, nur verschiedenen Lebensweisen, jede ihrem Elemente angemessen, erlauben daher allerdings annähernd eine Anordnung in eine Stufenleiter der Vollkommenheit; aber auch nur annähernd; ja eigentlich nur innerhalb der Grenzen analog organisirter Klassen; und stets wird es auch bei vollkommnerer Erkenntniss unmöglich bleiben, den Werth jeder einzelnen Organisation in Bezug auf jede andere mit Bestimmtheit zu schätzen. Nur dem menschlichen Geschlecht können wir mit Entschiedenheit nach der Höhe seiner Zwecke eine Superiorität über alle Thierwelt zuschreiben, in der Thierreihe selbst aber wird diese Schätzung gänzlich unsicher. Von jeder lebendigen Organisation können wir im Voraus nur behaupten, dass sie ihrem Elemente und dem Genusse desselben angemessen gebaut sein wird, zu dem sie bestimmt ist.

177. Auf das Pflanzenreich sind diese Vorstellungsweisen nur unter Modificationen anwendbar, die aus der ganz verschiedenen Natur der Gewächse hervorgehn. Ihr entwickelter Körper ist zu keinen Leistungen nach aussen bestimmt, vielmehr besteht in der Entwicklung selbst sein Leben; er bildet deshalb kein System von Mitteln, bei dessen Werthbestimmung und Einrichtung die Zweckmässigkeit ein zureichendes Princip abgäbe. Bei ihnen tritt daher ein, was bei den Thieren nur eine einzelne, obgleich auch zu beachtende Rücksicht ist, dass nämlich unmittelbar in dem Baue der Gestalt, in den anschaulichen Formen und den genetischen Beziehungen ihrer Theile zu einander der Ausdruck dessen zu suchen ist, was die bildende Idee in ihnen will. Oder

vielmehr, es lässt sich über das Pflanzenreich überhaupt eine doppelte Ansicht fassen. Entweder man folgt jener Vorstellung einer Beseelung der Pflanzen, deren wir früher gedachten, und dann erscheint das System in Entwicklung begriffener Massentheilchen, welches wir eine Pflanze zu nennen pflegen, auch wie der Körper der Thiere, als eine organisirte Welt von Beziehungen, durch welche jedem einzelnen darin enthaltenen geistigen Wesen, ungefähr wie uns durch die verschiedenen Formen der Gesellschaft, eigenthümliche Möglichkeiten des Genusses verschafft werden. Nach der Mannigfaltigkeit dieser Vortheile, die sie den in ihnen angeordneten Wesen gewähren, würden auch hier die buntfarbig verschiedenen Organisationen sich annähernd, aber auch hier nicht mit Genauigkeit, einer Skala des aufsteigenden Werthes anschliessen. Wollen wir dagegen die Beseelung der Pflanzen als einen das Gewöhnliche zu sehr überfliegenden Gedanken vermeiden, so können wir nur annehmen, dass hier, wo dann nur Gestaltbildung, keine anderen Zwecke vorliegen würden, die Idee auch nur versucht habe, in ästhetischen Variationen und fortschreitender Fülle und Vertiefung Formverhältnisse zu entwickeln. Dennoch würden sie nicht reine formale Verhältnisse räumlicher Zeichnungen sein, sondern als benannte Grössen, als Lagen, Gestalten und Grössen von Axengebilden und peripherischen Theilen, von Wurzel und Stamm, Blatt und Blüthe, Ernährungs- und Fortpflanzungsapparaten würden sie die Raumformen und ihre Mannigfaltigkeit als angewandt darstellen auf gewisse Elemente von eigenthümlicher Bedeutung, die in unbestimmter, nur durch Ahnungen fassbarer Weise auf wesentliche Gegensätze in allem Dasein zurückzudeuten schienen.

§. 41.

Von den Typen der Organisation.

478. Die Zurückweisung unbegründeter anatomischer Vorurtheile hat uns auf einen Standpunkt geführt, auf dem uns für den Augenblick jede thierische Organisation einzig durch ihre Lebenszwecke bestimmt erscheint. Zwar diese Zwecke selbst sind nicht unvergleichbar; überall kommt es darauf an, durch Empfindung und eine dem Empfundenen entsprechende Beweglich-

keit den Horizont äusserer Umstände, welcher das Dasein des Thieres begrenzt, in eine intellectuelle Welt des Genusses zu verwandeln. Aber diese Umstände wenigstens sind doch so verschieden, dass die Natur, falls sie auf dem kürzesten Wege ihr Ziel erreichen wollte, ihren einzelnen Geschöpfen unvergleichlich mannigfache, nur in wenigen Beziehungen übereinstimmende Organisationen verleihen müsste. Die Beobachtung zeigt, dass ungeachtet grosser Verschiedenheiten der Bildung dies dennoch nicht der Fall ist; dass vielmehr die gestaltende Kraft der Natur, indem sie jenes Füreinandersein der Organismen und ihres Lebenselementes herzustellen sucht, dabei zugleich an gewisse Typen ihres Wirkens gebunden ist, die sie nur durch Variationen, durch welche die wesentliche Aehnlichkeit stets hindurchscheint, zu den verschiedenartigsten endlichen Gestalten verwandelt. Woher diese Schranke rührt, ist ein noch übriger Gegenstand der Betrachtung.

479. Wir könnten einer Ansicht nicht beistimmen, welche unmittelbar in den einzelnen Zügen dieser Typen, in den Zahlen der Glieder, in den Dimensionen derselben, und der Richtung ihrer räumlichen Lage eine mystische Bedeutsamkeit, einen Ausdruck wesentlicher Momente sähe, die in dem Begriffe des Lebens selbst sich nothwendig und gegenseitig bedingend zusammenfänden. In der Idee des Lebens mag eine gewisse Mehrheit der Zwecke nicht nur, nebst der Forderung mehrerer Functionen und ihrer Instrumente, sondern auch ein Trieb zur Ausprägung dieser verschiedenen Momente in differenten Gebilden vorhanden sein, die in mancherlei Beziehungen der Analogie oder des Gegensatzes zu einander stehen. Aber dieses bedeutsame Princip, dem die Natur in der Entwicklung des einzelnen Geschöpfes wie in der Construction verschiedener Gattungen folgen müsste, würde doch immer noch ein völlig abstractes sein, und die verschiedenen Gruppen der Thierreihe zwar durch Analogien der Gliederung und der Zwecke begrifflich zu der Zusammengehörigkeit eines Naturreichs verbinden, ohne deswegen eine ganz incommensurable Verschiedenheit der äussern anschaulichen Gestaltungen auszuschliessen. Alle diese Analogien bilden noch keinen formell anschaulichen Typus; dieser scheint uns vielmehr erst verständlich aus der Natur der Mittel, durch welche das Leben realisirt und die gestaltende Kraft beständig nur auf wenige gangbare

Wege, zu Variationen nur weniger erreichbarer Endziele hingedrängt wird.

480. Aus der Nothwendigkeit, dass alle lebendigen Geschöpfe in derselben Natur leben, aus der Thatsache, dass die verschiedensten Pflanzen auf dieselbe Kohlensäure, dasselbe Ammoniak des Luftkreises und auf wenige lösliche Salze der Erdrinde, dass ferner die Thierwelt grossentheils auf die Erzeugnisse des Pflanzenreichs mit ihren Nahrungsbedürfnissen angewiesen sind: aus dem Allen erklärt sich freilich noch nicht, warum Cellulose und Eiweiss als die beständigen Bildungsstoffe des Lebens durch das ganze Reich der Organismen ohne Rivalen hindurchgehn. In der That aber wird hierdurch doch die Unsumme logisch denkbarer Substrate des Lebens eingeengt, und es ist glaublich, dass unter den gegebenen Bedingungen an der Erdoberfläche unter allen veränderlichen Verbindungen der Elemente gerade nur diese zugleich die Eigenschaften besitzen, durch welche sie ein in sich zusammenhängendes Reich der lebendigen Wesen zu begründen vermögen. Sei dem, wie ihm wolle: die Thatsache dieser Gleichförmigkeit des chemischen Typus steht fest, und ohne sie scheint es uns unmöglich, die Gleichartigkeit des morphotischen Typus, den man allein zu berücksichtigen pflegt, zu verstehen. Denn diese erste Bestimmtheit der Bildungsstoffe, mit denen die Natur operirt, führt sogleich eine Menge Consequenzen mit sich. Die gleiche Zersetzlichkeit dieser Stoffe, ihr analoges Wärmebedürfniss, falls sie functionsfähig bleiben sollen, bedingt sofort die Respiration als eine allgemeine Verrichtung alles Thierischen; bedingt ebenso sehr die Ausscheidung der Galle und des Harnstoffs; und wenn gleich die Form der Zelle und ihre weiteren Umbildungen uns nicht ausschliesslich diesen Stoffen anzugehören scheinen, so gehören sie ihnen doch factisch zu als eine unvermeidlich zu befolgende Methode, nach der allein jegliches Wachsthum der Organismen möglich ist. So wird durch die ursprüngliche Natur des Bildungsstoffes also zweitens ein bestimmter ökonomischer Typus der Thierwelt hergestellt, der sich mit ausserordentlicher Gleichförmigkeit durch die entwickelteren Klassen hindurch erhält. Dass dieser Typus in niedrigeren Thieren weniger reich ausgebildet und nicht so vielgliedrig, wie in höheren erscheint, ist zuzugeben. Allein wenn auch einzelne

Züge der Abweichung sich von den besondern Aufgaben der Lebensweise, ja selbst von der specifischen Gestaltbildung der höheren Klassen herschreiben sollten, so haben wir doch früher gesehen, dass es hauptsächlich die geringere Masse der niedern Thiere ist, welche bei ihnen die Vertheilung der Arbeit an differente Organe überflüssig macht, während die höheren, nicht um als höher organisirte, sondern schon um nur als massenhaftere Organismen zu existiren, an jene typische vielgliedrige Einrichtung ihrer Oekonomie gebunden sind.

481. Nun erst kommen wir zu dem, was man gewöhnlich ungebührlich allein hervorzuheben pflegt, zu jenem morphotischen Typus der eigentlich animalischen Theile, von denen die äussere Gestaltung des Körpers allerdings *überwiegend* bestimmt wird. Wir haben uns früher schon gegen die Neigung ausgesprochen, die Körpergestalt unabhängig von der innern Organisation als ein in sich abgeschlossenes Object der Morphologie zu betrachten. Wir kommen hier von anderer Seite darauf zurück. Durch die Unerlässlichkeit der ökonomischen Einrichtungen, die alle ja durch die Bildungsthätigkeit des Keimes entwickelt werden müssen, wird in die Ausgestaltung desselben eine grosse Menge fester Bedingungen hineingebracht, die giltig sind, welches auch die besondere animalische Gestalt sein mag, der diese vegetativen Organe dienen sollen. Es wäre wunderbar, wenn diese Einführung vieler bis zu gewissem Grade bestimmter Elemente in die Gleichung des Keimes den übrigen Elementen, aus denen die specifische animale Bildung entspringen soll, völlige Freiheit der Gestaltung liesse. Viel wahrscheinlicher ist es vielmehr, dass auch ihre Entwicklungsfähigkeit durch diese unvermeidlich an ihnen haftenden Nebenbedingungen auf gewisse Grenzen beschränkt wird. Körper von sehr kleiner Masse, deren homogene Substanz alle Functionen zugleich vollzieht, können daher eine grosse Mannigfaltigkeit unvergleichbarer, atypischer Formen zeigen; je grösser die Masse, je vielgestaltiger die Lebensfunctionen, um so mehr wächst die Vielgliedrigkeit und Bestimmtheit des ökonomischen Typus; desto mehr Constanten werden in die Bildungsgleichung eingeführt; desto mehr wird schliesslich auch die Möglichkeit der animalen Entwicklung auf gewisse einförmige Wege zusammengedrängt und die specifischen Gattungsunterschiede blei-

ben nur noch durch untergeordnete Variationen eines nun auch constant gewordenen morphotischen Typus möglich.

482. Es kann scheinen, als wenn diese Ansicht den eigentlich animalen Theil der thierischen Organisation in eine zu tiefe Abhängigkeit von den vegetativen Organen seiner Selbsterhaltung setzte. Allein die gestaltende Kraft der animalen Theile ruht doch immer in ihnen selbst; sie erfahren nur solche Einflüsse von dem ökonomischen Typus, durch welche sie in ihrer Entwicklung modificirt werden. Auch das dürfte jedoch Vielen noch zu viel zugestanden scheinen und allerdings ist der Thierkörper nicht ein bewegliches Gerüst, welches Verdauungsorgane in der Welt herumführt, um sie durch Befriedigung zu ergötzen. Aber anderseits muss man auch zugestehn, dass, wenn man nicht von dem Ursprung des morphotischen Typus überhaupt, sondern von seinen Modificationen spricht, die Bedürfnisse des vegetativen Lebens in der That einen der wichtigsten Mittelpunkte bilden, von dem aus sie zu begreifen sind. Nicht umsonst hat uns Cuvier die Nachwirkung der pflanzlichen oder animalischen Nahrung bis in die Gestalt der Gelenke an den Extremitäten verfolgen gelehrt, und wenn wir gleich, was er nur in Bezug auf einige der höhern Thiergattungen ausführte, nicht gleich überredend auch auf die niedern ausdehnen konnen, so dürfen wir doch sagen, dass in der That an dem Nahrungsbedürfniss und den mannigfachen Vermittlungen seiner Befriedigung sich das ganze Seelenleben der Thiere entfaltet. Warum sollte neben den uns sichtbaren Modificationen eines Gestaltungstypus nicht auch die ganze Existenz einer solchen unablässig wiederkehrenden Formationsweise, wie wir sie wenigstens in den höhern Thieren bemerken, von der Constanz der allgemeinen ökonomischen Bedürfnisse abhängen, als der einzige mit ihnen vereinbare Typus unter allen denen, die aus der Bildungsfähigkeit der animalen Theile für sich allein entspringen konnten?

483. Zu der Annahme übrigens, dass alle Glieder der Thierreihe aus einem einzigen Typus, einem Urthiere, als Abwandlungen verschiedener Art entspringen, liegt in unserer Auffassungsweise kein zwingender Grund. Wenn gleich die Summe der ökonomischen Verhältnisse mit grosser Gleichförmigkeit durch das ganze Thierreich hindurchgeht, so kann es doch unter den

vielen Wurzeln der zusammengesetzten Gleichung, nach welcher der morphotische Typus durch sie und durch andere Bedingungen bestimmt ist, mehrere mögliche geben, neben andern, die unter den wirklichen Verhältnissen an der Oberfläche der Erde unmöglich sind. In der That ist es eine beliebte Unterscheidung der Zoologie, einen irregulären, einen regulären und einen symmetrischen Typus anzunehmen. Mit diesen Unterschieden freilich weiss ich wenig anzufangen. Die Infusorien, die dem ersten anheimfallen, zeigen zwar irreguläre Lagerung der Organe und häufig auch unregelmässige Umrisse, aber ohne eine solche Analogie in verschiedenen Gattungen, dass ausser der Irregularität auch noch von einem Typus derselben die Rede sein könnte. In den Polypen und Radiaten erscheint der reguläre Typus, indem alle Organe, Gefässe, Nerven, Fortpflanzungs- und Bewegungsapparate regelmässig die in der Mitte des Körpers gelegenen Verdauungswerkzeuge umgeben, deren Mundöffnung allein die Ober- oder Unterfläche des Thieres von der entgegengesetzten unterscheidet. Es gibt daher in diesen Thieren eine Mittelebene, durch deren Mittelpunkt jeder senkrechte Schnitt den Körper in zwei gleiche und entgegengesetzte Hälften trennt. Der symmetrische Typus endlich mit seinem doppelten Gegensatze des Oben und Unten, Vorn und Hinten erlaubt nur noch eine einmalige Theilung in zwei gleiche und entgegengesetzte Hälften, die rechte und die linke, eine Anordnung, die von den Würmern an bis zu den höchsten Formen der Wirbelthiere sich beständig erhält. Aber zwischen den beiden letzten Typen weist nicht nur die Beobachtung mancherlei Uebergänge auf, sondern es ist auch theoretisch leicht zu bemerken, dass die Transformation des einen in den andern, weder wenn man beide als blos mathematische, noch wenn man sie als Formen des Realen betrachtet, eine sehr wesentliche Verschiebung ihrer bestimmenden Bedingungen nöthig macht.

484. Wir würden deshalb kein Bedenken finden, sie als verschiedene Fälle desselben Typus anzusehen, und physiologisch viel wichtiger erscheint uns innerhalb des symmetrischen Typus selbst der Gegensatz der Articulaten zu den Vertebraten. In beiden zwar bemerken wir eine Zusammensetzung des Körpers aus einer Anzahl in seiner Längenaxe sich folgender homo-

loger Glieder, deren einzelne für die Zwecke des Lebens abweichende Ausbildung erleiden; aber die erste Klasse, die vegetativen Organe nur äusserlich durch die Elasticität von Hautringen oder durch ein faseriges, verkalkendes Hautskelet umhüllend, aus dem Eie so entspringend, dass der Embryo dem Dotter seine Rückenseite zukehrt und das sich abschliessende Thier die Centralorgane des Kreislaufs auf dem Rücken, die Verdauungsorgane in der Mitte, die Hauptnervenmassen auf der Bauchseite trägt: steht sehr characteristisch den Vertebraten gegenüber, deren animales System sich zu einem gegliederten Knochenskelet ausbildet, und in umgekehrter Ordnung die Organe der Verdauung und das Herz nach der Bauchseite hin umschliesst, die es in der ersten Entwicklung dem Dotter zukehrte.

485. Ist nun durch die ursprüngliche Bestimmtheit des Bildungsstoffes und die beständigen Anforderungen des vegetativen Apparates die gestaltende Kraft der Natur überhaupt auf einen gewissen Typus der Resultate beschränkt, so ist sie auch in der successiven Ausbildung derselben an eine bestimmte Methode des Verfahrens gebunden. Aus demselben Material lassen sich nicht mit einem Schlage die verschiedensten Thierformen so herstellen, dass es gleich von Anfang in die capriciösen Umrisse dieser oder jener Gattung sich fügte. Die Natur muss vielmehr der beständigen Tendenz seines Gestaltungstriebes eine Zeit lang nachgeben und vermag erst allmählich, es in die specifische Entwicklungsweise einer bestimmten Gattung hineinzulenken. Im Verlaufe der ersten Bildung gehen daher nicht alle Schritte so gerade vorwärts, wie es menschliche Klugheit, die Natur meisternd, verlangen würde; manche frühere Einheit des Gebildeten wird wieder aufgehoben, Getrenntes vereinigt, Symmetrisches verschoben, Aehnliches ganz unähnlich fortgebildet. Während der ersten Zeit der Entwicklung muss der Einfluss, welchen die qualitative Natur des keimenden Substrats für sich allein ausübt, grösser sein als später, wo bereits entstandene specifische Bildungen ihrerseits auf die weitere Gestaltung zurückwirken; die frühesten Anfänge der Organismen müssen deshalb eine grosse Aehnlichkeit der Form zeigen. Unmöglich freilich ist die längst zurückgewiesene Ansicht, dass jeder höhere Organismus die beständige Lebensform jedes niedrigeren als Durch-

gangspunkt seiner Bildung durchlaufe, dass das Säugthier zuerst Infusorium, dann Wurm sei, zuletzt durch die Bildungsstufe der Amphibien und Vögel hindurch seine eigene erreiche. Nirgends kann organisches Wachsthum in einem blossen Hinzufügen neuer und höherer Entwicklungsmomente zu dem unveränderten Resultate eines niedrigeren Bildungstriebes bestehen. Damit vielmehr das Säugethier über die Bildungsstufe des Wurmes hinausgehn könne, muss es vom ersten Anfang an eine specifische Bestimmung in sich tragen, die es von allen Organismen unterscheidet, deren Bildung auf einer niedrigeren Stufe sich abschliessen soll, und eben deswegen kann es in keinem Augenblick seiner Entwicklung einem dieser niedrigeren Wesen völlig gleich sein. Wohl aber können und müssen jene bemerkenswerthen Analogien stattfinden, die der naturphilosophischen Schule Grund zu dieser übertriebenen Behauptung einer Wiederholung des Niedern durch das Höhere gegeben haben. Denken wir uns eine Menge Curven derselben allgemeinen Gleichung von demselben Anfangspunkt, aber mit verschiedenen Parametern entspringen, so werden sie in dem Anfangspunkt selbst ununterscheidbar sein; in seiner Nähe werden sie vielleicht mit ganz unmerklicher Beschleunigung divergiren und einige Zeit vielmehr parallel fortzugehn scheinen, während späterhin der Einfluss der verschiedenen Parameter je nach der Natur der Gleichung sich langsamer oder plötzlicher geltend macht, und die Linien, die lange höchst ähnlich verliefen, in ganz verschiedenen Bahnen auseinanderweichen.

486. Diese Sparsamkeit der Natur mit Principien der Bildung zeigt sich nicht nur in der Construction verschiedener Gattungen, wenn sie z. B. in den Articulaten dasselbe Formelement bald zu Kauwerkzeugen, bald zu Bewegungsorganen benutzt, oder in den Wirbelthieren dieselben Extremitätenknochen bald zu Händen, bald zu Beinen, bald zu Flügeln je nach der Bestimmung des Geschöpfs verwandelt; auch in der Gestaltung eines individuellen Körpers bemerken wir dasselbe. Abgesehn von der beständigen Form des Knochenwirbels, die wie früher schon erwähnt, so verschiedenartig benutzt wird, sehen wir ein auffallendes Beispiel davon in der ursprünglich gleichen Anlage beider Geschlechter, deren wesentliche Verschiedenheit nur auf dem

Zurückbleiben oder der Verkümmerung des einen oder des andern Theils der primitiven Genitalien beruht. Auf diese Weise geht der Uterus des männlichen Geschlechts zu Grunde, während die Brustwarze ihm verbleibt, als ein zweckloses aber der Wiedervernichtung nicht bedürftiges Resultat des allgemeinen Bildungsplanes, der dasselbe Organ für das andere Geschlecht nothwendig macht.

487. Wir haben versucht, die Gründe anzudeuten, welche für die Natur die Nothwendigkeit stets zu befolgender Bildungstypen herbeiführen und haben sie in den Schranken zu finden geglaubt, welche die Beschaffenheit des bildsamen Materials und die unerlässliche Befriedigung gewisser Bedürfnisse des Haushalts mit sich bringen. Auch in der Benutzung der verschiedenen wirklichen Gestaltungstypen hat die Natur Grenzen einzuhalten, die in der inneren Verkettung der gegenseitig sich bedingenden Momente liegen. Zwar hat sie Mittel gefunden, den Typus der Articulaten ebenso wie den der Vertebraten jedem Lebenselement anzupassen, und die geflügelten Insecten beleben als Widerspiel der Vögel die Luft, Würmer führen auf dem Lande eine ähnliche Lebensweise wie die Schlangen; dennoch scheint die geringere Grösse aller wirbellosen Thiere eine Grenze des mit diesem Typus Erreichbaren anzudeuten. Mit dem scharfen Blick auf den Zusammenhang des ganzen Lebens, der den Bemühungen in der allgemeinen Physiologie so sehr zu wünschen ist, hat C. Bergmann einige wesentliche Verhältnisse dieser Art dargestellt. (Die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. 1847.) Setzen wir die Grösse der Wärmebildung der Masse, die des Wärmeverlustes durch Ausstrahlung der Oberfläche des Körpers proportional, so muss es gewisse Grenzen geben, innerhalb deren allein eine Dimension des Körpers vergrössert oder verkleinert werden kann, ohne dass das damit verbundene Wachsthum der Oberfläche nach dem Quadrate und der Masse nach der dritten Potenz jener einen Dimension eine unausgleichbare Störung des Gleichgewichts zwischen Wärmeerzeugung und Wärmeverlust herbeiführt. Sind Thiere irgend einer Klasse dazu bestimmt, homöotherm zu sein, wie dies von Vögeln und Säugethieren fast durchgängig gilt, so gibt es für sie eine Grenze der Kleinheit, die sie nicht überschreiten kön-

nen und sie scheint in der Bildung des Kolibri unter den günstigen Verhältnissen eines heissen Klima nahezu erreicht. Dagegen glaubt Bergmann das Extrem der Grösse in den Walfischen noch nicht erreicht, obgleich allerdings ihr Leben in hohen Breiten eine bedeutende Wärmeerzeugung wegen sehr beträchtlicher Abkühlung verlangt. Nicht nur die Grösse allein, sondern auch andere Bildungsverhältnisse hängen von diesen Beziehungen der Wärmeökonomie ab. So wie gegen die Pole die Flora vollkommnerer Pflanzen von grosser Oberflächenbildung der Blätter abnimmt, so ist auch die Gestalt der Cetaceen und anderer Polarthiere unförmlicher und entbehrt hervorragender Glieder, deren Wärmeregulation neue Schwierigkeiten bereiten würde.

488. Aehnliche innere Schranken der Bildung, *aus welchen* die Begrenzung jeder einzelnen Organisation auf *ein gewisses* Mass ihrer Grösse hervorgehn würde, sind von Bergmann auch in dem Zusammenhang des übrigen Baues und der Functionen des Körpers nachgewiesen worden. Ohne diese geistvolle Arbeit ins Einzelne zu verfolgen, müssen wir doch einiger Verhältnisse gedenken, um zu zeigen, welche Schwierigkeiten überhaupt der Gewinnung fester Resultate hier entgegenstehen. Fragen wir, ob dieselbe Thiergattung, auf das Doppelte ihrer Dimensionen vergrössert, noch möglich sei, oder an Widersprüchen ihrer Organisation zu Grunde gehen werde, so müssen wir zuerst mit Bergmann zugestehen, dass mit der proportionalen Vergrösserung eines Maschinenmodells nach allen seinen Dimensionen weder seine Festigkeit gleich bleibt, noch seine Leistung in gleichem Grade wächst; beide können vielmehr leicht völlig vernichtet werden. Dies auf den Knochenbau angewandt, würde uns zweifeln lassen, ob ein in seinen verticalen, stützenden, sowie in seinen horizontalen, lastenden und getragenen Dimensionen gleichmässig verdoppeltes Skelet sein dadurch achtfach erhöhtes eignes Gewicht noch zusammenzuhalten und zu tragen fähig sein könnte. Anderseits jedoch besitzt der Knochenbau aller Thiere einen sehr beträchtlichen Ueberschuss an Festigkeit, der ihm aussergewöhnliche Lasten von bedeutendem Gewicht zu tragen erlaubt, die in den Lebensplan des Thieres keineswegs gehören. Es scheint nicht nöthig, dass auch dieser Ueberschuss mit der wachsenden Grösse des Thieres vermehrt werde; wir

können daher nicht glauben, dass dieser Grund der Existenz noch viel grösserer Wirbelthiere als Elephanten und Kamele sind, entgegenstehn würde. Aber sie würden verhältnissmässig allerdings schwächer sein, als es ihre Grösse erwarten liesse. Noch mehr würde dieselbe Folge eintreten, weil die Kraft der Muskeln, abhängig von ihrem Querschnitt, nur nach dem Quadrate der linearen Vergrösserung wachsen würde, nach deren Cubus das zu bewegende Gewicht der Körpermasse zunimmt.

489. Gehen wir von diesen Punkten zu den Betriebsmitteln der Maschine über, so begegnen uns sehr verschiedene Verhältnisse. Viele Theile können bei Vergrösserung der allgemeinen Körperdimension ihre frühere Grösse beibehalten, oder brauchen nur in untergeordnetem Verhältnisse zu wachsen. So ist kein Grund da, warum die Haut in der Dicke zunehmen müsste; die Haare ferner werden wohl eine grössere Oberfläche bedecken müssen, aber das einzelne braucht weder dicker noch länger zu sein; die Zähne haben für ihre Function nicht nöthig, in gleichem Verhältniss zu wachsen; die einzelnen wirksamen Zellen der Lunge, die mikroskopischen Drüsen des Darmkanals, die Darmzotten, das Lumen der Eingeweide bedarf keines Wachsthums; nur eine vermehrte Menge dieser Elemente wird dem vergrösserten Organismus nöthig sein und wird Platz finden in den achtfach vermehrten Höhlenräumen, welche er darbietet. Selbst das Nervensystem, obgleich wir den Antheil seiner Verrichtungen nicht kennen, der seiner Masse zufällt, bedarf doch unstreitig eine Vermehrung seiner Elemente nicht, die der Vergrösserung der Körpermasse entspräche. Andere Bedingungen stellen sich sogar für das grössere Thier etwas günstiger. Nicht alle Theile des Körpers sind gleich veränderlich und verlangen gleich schnellen Wiederersatz; das bedeutendere Gewicht der Knochen, Sehnen und Bänder des vergrösserten Thieres führt z. B. keine gleich gesteigerte Forderung grosserer Ernährung mit sich; indem ferner die Wärmeverluste sich mindern, kann auch die Oxydation der Respirationsmittel abnehmen und die proportional vergrösserte Lunge würde dadurch fähig, die übermässig gesteigerten Ersatzansprüche der Muskeln zu befriedigen. Der Ueberblick dieser vielen in einander greifenden Bedingungen überzeugt uns, dass wir einen Grund für die Unmöglichkeit viel grös-

serer Organisationen, als die jetzt vorhandenen, nicht kennen; er lehrt uns jedoch auch, dass eine auch nur mässige Vergrösserung einer und derselben Gattung nicht ohne vielfache Abänderung ihrer Formverhältnisse, ihrer Oekonomie und ihrer Leistungen möglich ist. Schwerlich kann ein doppelt so langes Rückgrat gleich fest sein, wie das einfache, nie ein doppelt so langes Bein seine Pendelschwingung von selbst in gleicher Zeit mit dem von einfacher Länge vollführen, nie ein doppelt so dicker Muskel die achtfache Last eines Gliedes mit gleicher Kraft wie der einfache die einfache bewegen.

490. Werfen wir noch einen Blick auf das Pflanzenreich, so begegnen uns zuerst, den irregulären Thieren vergleichbar, die stengellosen Pflanzen, bald einzelne Zellen, bald *Zusammenhäufungen* zu unbestimmten flächenförmigen oder *lappigen Ausbreitungen*. Bald jedoch entwickelt sich der Gegensatz zwischen Stengel und Blatt und bildet einen beständigen und wesentlichen Zug der höheren Vegetationstypen. Aber auch dieser Gegensatz hat schwerlich irgend einen mystischen an sich bedeutsamen Grund; auch er scheint vielmehr abhängig von mechanischen Verhältnissen. Nicht als wenn er sich überall erst in dem Augenblicke entwickelte, wo er um des Lebensprocesses der Pflanze willen eine mechanische Nothwendigkeit wird; wohl aber ist er eine typische Einrichtung, die für die überwiegende Menge der Pflanzen berechnet, auch da vielleicht noch festgehalten wird, wo sie entbehrlich ist, da vielleicht schon auftritt, wo sie, wie in den ersten Zeiten der Entwicklung, nicht gleich nothwendig ist. Wenn man den Stengel als Axe, die Blätter als peripherische Organe bezeichnet, so sagt man gewiss weniger, als wahr ist, obschon man das Wahre vielleicht nicht gewiss kennt. Diese geometrischen Ausdrücke geben nichts von dem physiologischen Werth wieder, welchen jene Bildungen besitzen, bei denen es der Natur unstreitig nicht darum zu thun war, dem Ideale eines Quirles näher zu kommen. Wenig massenhafte Pflanzen, besonders wenn sie in einer Fläche sich verbreiten, bedürfen dieses Gegensatzes nicht, da jede ihrer Zellen leicht in Verhältnisse gebracht werden kann, welche ihr die nöthige Wechselwirkung mit der Aussenwelt gestatten. Sollen sie dagegen mit grösserer Masse vegetiren, so bedarf es einer Scheidung derselben in einzelne

Theile, die mit möglichst grosser Oberfläche so auseinander treten, dass jedem der Zutritt der Luft und des Lichtes gesichert bleibt. Eine grössere klumpenförmige Pflanze würde nur an ihrer Oberfläche ihre Lebensprocesse leicht vollziehen können; mit der beschränkten Grösse der Verdunstung und des Gasaustausches auf dieser im Verhältniss zur kubischen Masse kleinen Berührungsfläche mit der Aussenwelt würde Saftlauf und Chemismus im Innern steigende Widerstände finden. Es scheidet sich daher die lebende Masse in viele oberflächenreiche Schichten, die Blätter, die in verschiedene Höhen vom Erdboden durch den zusammenhaltenden Stengel emporgehoben, sich nach aussen entfalten, während jener das Zuleitungsorgan der Bodensäfte bleibt, und zugleich durch seine physische Festigkeit die Functionen des Skelets vollzieht. So beruht der Gegensatz zwischen Blatt und Stengel auf einem ökonomischen Grunde, und es fehlt nicht an Pflanzen, die um der Besonderheit ihrer Oekonomie willen diese Differenz beider Theile wieder verwischen. So finden wir in den Cacteen die vegetirende Masse meist in klumpige oder keulenförmige blattlose Haufen angeordnet; aber mit diesem Bau ist zugleich eine Beschränkung der Verdunstung verbunden, die in den Plan der Oekonomie um der äussern Verhältnisse willen, unter denen diese Pflanzen vegetiren, ebenso normal aufgenommen ist, als die ausserordentliche Grösse des Wasserbedürfnisses und der Aushauchung bei andern.

491. Auf Göthes Anregung ist der Gedanke Wolfs, auch die übrigen vegetabilischen Formgebilde aus Metamorphosen dieses ursprünglichsten Typus der Pflanzengestalt zu erklären, zu allgemeiner Geltung gekommen. So lange man jedoch Stengel und Blatt nur nach ihrem weniger morphologischen als vielmehr descriptiv geometrischen Begriffe unterscheidet, ist es schwer zu sagen, ob in der Ansicht, welche verschiedene Theile der Blüthe als Umwandlungen des Blattes betrachtet, mehr Tautologie oder mehr unklare Mystik liegt. Eine flächenformig ausgebreitete dünne Platte vegetabilischer Zellen ist natürlich zu vielen Zwecken brauchbar, und da sie, wenn sie von der Pflanze erzeugt werden soll, nothwendig zu einem Theile ihres Umfangs mit dem Stamme derselben in Zusammenhang bleiben muss, während der andere Theil ihres Umfangs ins Freie hinaus wächst, so kann keine sol-

che Zellenmasse es vermeiden, unter den allgemeinen und vielgestaltigen Typus der Blattform zu fallen. Betrachtet man jedoch das Blatt nicht nur als dünne Zellenplatte, sondern als eine Zellengruppe, der bestimmte vegetative Functionen obliegen, so kann man nicht sagen, dass z. B. ein Staubfaden eine Metamorphose dieses Blattes sei, denn es ist wenigstens noch unerwiesen, dass auch seine Function eine ähnliche Abwandlung der Blattfunction ist, wie seine Gestalt eine Modification der Blattform. Die Missbildungen, welche an der Stelle der Staubfäden Blumenblätter entwickeln, beweisen jene Metamorphose nicht besser, als die oft vorkommenden Ossificationen in den Gefässen der Thiere zu der Ansicht berechtigen, die Gefässhaut sei ein erweichter Knochen. Nur dann würde jene Metamorphose einen festen Sinn haben, wenn wirklich die Theile die man durch sie erklärt, aus deutlich ausgebildeten Blättern und nicht nur zuweilen statt derselben entständen. Dass dagegen am Beginn ihrer Bildung viele Theile den beginnenden Blättern ähneln, dies ist kein Grund, sie unter den Begriff der letztern zu subsumiren, denn bei der Vegetationsweise der Pflanzen ist nicht wohl zu begreifen, wie sie es anfangen sollten, um sich jeder formellen Aehnlichkeit mit ihnen zu entziehen.

492. Die neuere Wissenschaft, obgleich sie die Erinnerung an Göthes Metamorphose bewahrt, stellt doch die Sache sehr anders. Nach Schleiden (Bot. II.) ist Stengel das Product der ersten, ursprünglichen, nach einer Richtung unbegrenzt fortwirkenden bildenden Thätigkeit des Keims, Blatt das Product der zweiten abhängigen, in ihrer eigenthümlichen Weise sich selbst begrenzenden Thätigkeit. (S. 113). Der allgemeine Character der Blattorgane liegt daher allein in der Entwicklungsgeschichte. Das Blatt schiebt sich aus der Axe, dem Stengel hervor, seine Spitze ist der älteste, seine Basis der jüngste Theil; die Bildungsthätigkeit des Blattes ist eine beschränkte und dauert niemals lange fort, wenn sich der Terminaltrieb durch Auswachsen weiter von ihm entfernt. So ist also das Blatt die aus der Grundlage der Pflanze, der im Wachsthum und daher morphologisch unbeschränkten Axe, hervorgehende, im Wachsthum und daher morphologisch beschränkte Form; unter diesen Begriff fallen alle Blattorgane und alle Axen sind ausgeschlossen. (S. 172).

In wiefern diese Definition dem Botaniker ungenügend sein dürfte, wie Schleiden selbst vermuthet, wagen wir nicht zu beurtheilen; indem wir sie uns anzueignen suchen, müssen wir einen Mangel an logischer Präcision wenigstens zu vermeiden streben, der aus dem gleichwerthigen Gebrauche der Namen Blatt und Blattorgan entsteht. Der letztere allein scheint, obgleich sprachlich sehr unbequem, die Gebilde zu bezeichnen, von denen diese Definition gelten soll, während der erste eine der verschiedenen Arten ist, die coordinirt unter jenem Begriffe enthalten sind. Missverstehen wir Schleiden nicht, so geht seine Ansicht darauf, dass nicht die eine Art der Blattorgane, z. B. die Staubfäden, als Metamorphose einer andern Art, z. B. des Blattes anzusehen sei, dass vielmehr beide nur insofern verwandt sind, als sie verschiedenartige Ausbildungen eines beiden gemeinsamen homologen Typus sind, der unter dem Namen des Blattorgantypus dem des Stengels gegenübersteht. Hiermit würde in der That der Hauptirrthum jener etwas mystischen Metamorphosenlehre gehoben sein, die entweder die eine Art der Gebilde aus einer coordinirten andern herleiten wollte, anstatt beide aus ihrem gemeinsamen höheren Bildungsgesetze, oder die übersah, dass, wenn sie Staubfäden als verwandelte Blätter betrachtete, der letzte Name in einer doppelten Bedeutung sowohl für den allgemeinen Typus als zugleich für die andere Art desselben gebraucht wurde.

493. Die Gestalt der höher entwickelten Pflanzen zeigt nun folgende typische Verhältnisse. Zuerst jenen polaren Gegensatz zwischen der meist aufwärts gerichteten Axe, welche aus der Knospe des Keims, und der absteigenden, die aus seinem Würzelchen entspringt. Zu diesem Gegensatz gesellt sich zweitens der andere der Axe selbst und der seitlich aus ihr entspringenden Organe. Geometrisch wenigstens zeigt ein Gegenbild dieser lateralen Entfaltung der aufsteigenden Axe auch die absteigende; aber ihre Function als Wurzel ist so eigenthümlich von der des Stengels verschieden, dass diese Aehnlichkeit der Entwicklung bald zurücktritt. Das dritte ist endlich, dass die lateralen Organe, die an den verschiedenen Abtheilungen des Axengebildes entstehen, von unten nach oben allmählich different ausgestaltet werden, so dass Cotyledonen, Wurzelblätter, Stengelblätter, Blüthenhüllen mannigfacher Art, Blüthenblätter und Staubfäden als

verschiedenartige Ausbildungen homologer Glieder erscheinen, ebenso wie in den Thieren eine Reihe von Wirbelknochen von ihren einfachsten Formen bis zu den weit abweichenden Wirbeln des Schädels sich umwandeln. Was sie unter einander verknüpft, ist die gleichartige secundäre Stellung der entwicklungsfähigen Elemente, aus denen sie entspringen, zu der Axe der Pflanze, wogegen die Aehnlichkeit ihrer Form als eine sehr unbedeutende Verwandtschaft zurücktritt. Eine Aehnlichkeit oder Gleichheit ihrer Function vorauszusetzen, haben wir ebenso wenig einen zulässigen Grund; neben dem Staubfaden, dessen besondere Bestimmung bekannt ist, dürfen wir vielmehr vermuthen, dass z. B. auch Form, Structur, Färbung und eigenthümlicher Stoffwechsel der Blumenblätter nicht nur ein schöner morphotischer Luxus der Natur ist, sondern physiologischen Werth für die Fortpflanzungsthätigkeit hat, zu deren Organ die Blüthe bestimmt ist. Im Gegensatz zu diesen Ausbildungen der lateralen Theile entwickelt auch die Axe die differenten Gebilde der Samenknospe, deren Zusammenwirken mit jenen zur Erzeugung neuer bildungsfähiger Keime wir späterer Anführung überlassen.

494. Wir haben früher schon der Regelmässigkeit gedacht, mit welcher die Blätter aus der Axe der Pflanze ausstrahlen, bald zu mehreren in gleicher Ebene und einen vielgliedrigen Wirtel bildend, bald so, dass ihre Ausgangspunkte in Spiralen angeordnet um die Oberfläche des Stengels laufen, bald endlich so, dass in mehreren geraden Zeilen die Blätter an der Axe übereinanderstehen. Wir haben gleichfalls die Bemühungen erwähnt, für diese Dispositionen allgemeine Gesetze zu finden, die freilich, wenn sie gefunden wären, noch immer ihrer Erklärung aus den Verhältnissen der vegetabilischen Oekonomie, in denen man ihren Grund allein vermuthen kann, entgegensehn würden. Es ist nicht zu bezweifeln, dass eine gleiche Regelmässigkeit sich auch in den übrigen Gliedern der Pflanze wiederfinde. Den Stellungsverhältnissen der Stengelblätter müssten correspondiren die der Blüthenhüllen, und in den verschiedenen Organkreisen, welche concentrisch gestellt, eine regelmässige Blüthe bilden, sind die einzelnen Glieder gewiss theils constanten Zahlen, theils wenigstens bestimmten einfachen Zahlenverhältnissen unterworfen. Es gibt Blüthen genug, die in der Zahl der Kelchblätter, der Blu-

menblätter, der Staubfäden, der Fächer des Fruchthälters oder der Samen diese einfache arithmetische Gesetzlichkeit dem ersten Blicke schon darbieten; die allgemeine Durchführung dieser Voraussetzung scheitert jedoch für jetzt an der ausserordentlichen Verschiebung aller Verhältnisse, welche durch ungleichförmige Entwicklung einzelner Theile, durch Verwachsung anderer, Verkümmerung dritter entsteht, und jene häufig so abenteuerlichen Blüthenbildungen hervorbringt, deren Anblick keinen Rückschluss mehr auf die ursprüngliche Gestalt ihrer ersten Anlage erlaubt. Von den Fortschritten der Entwicklungsgeschichte ist es hier, so wie in der Zoologie zu erwarten, dass sie uns die unendlich mannigfaltigen Endformen der Gewächse, deren Schilderung wir der Botanik überlassen müssen, als verschiedenartige Abwandlungen eines oder weniger einfacher und gesetzlicher Bildungstypen auffassen lehre. In diesen Typen selbst aber wird nicht nur eine ästhetisch beschauliche Auffassung der Natur bedeutungsvolle ideale Verhältnisse aufzusuchen haben, sondern auch eine mechanische Betrachtungsweise hat an sie ein gewisses Recht, und die Begrenzung der beiderseitigen Ansprüche dieser abweichenden Beurtheilungsarten gehört gewiss zu den wesentlichsten Aufgaben der fortschreitenden Untersuchung auf diesem Gebiete. Nicht alles, was wir bei dem jetzigen Stande unserer Einsicht nur als thatsächliche Gewohnheit der Natur hinnehmen müssen, gehört unmittelbar zu den Formen, in denen sie ihren idealen Gehalt ausdrückt; Vieles wird sich im Gegentheil als eine durch die gegebenen Umstände nothwendig gewordene Benutzungsart ihrer Mittel ausweisen.

ZWEITES KAPITEL.

Von der Fortpflanzung der Lebensformen.

---

§. 43.

Vermehrung durch Theilung und Knospen.

495. Dächten wir uns einen Organismus aus einer homogenen Substanz gebildet, welche alle verschiedenen Lebensverrichtungen gleichmässig vollzöge, so würde sich die *Aufgabe der* Fortpflanzung nur unwesentlich von der des *Wachsthums* unterscheiden. Denn in der That, jede Assimilation, welche die Grösse des Körpers vermehrte, trüge hier die Erscheinungen des Lebens auf eine wachsende Masse über; und da bei dem Mangel einer innern Organisation kein Grund vorhanden wäre, ein bestimmtes Quantum dieser Masse als individuell zusammengehöriges Ganzes zu betrachten, so würde die Aufgabe der Fortpflanzung überhaupt hiermit erreicht sein. Doch könnte es kommen, dass bei beständigem Zusammenhaften der wachsenden lebendigen Substanz allmählich Lagerungsverhältnisse einträten, welche einem Theile derselben die weitere Wechselwirkung mit der Aussenwelt abschnitten oder auf andere Weise ihre fernere Lebensfähigkeit gefährdeten. In diesem Falle würde eine Theilung der Masse nothwendig werden, durch welche sie, in einzelne Häufchen auseinanderfallend, in die günstigsten Bedingungen ihrer Weiterentwicklung zurückversetzt würde. Diese teleologisch nöthige Zerfällung könnte leicht auch ihre mechanische Begründung in den Zusammenhangsverhältnissen der Masse finden. So wie fallende Flüssigkeiten sich in Tropfen von bestimmter Grösse auflösen, so würde die vegetirende Masse, allerdings aus andern und vielleicht viel verwickelteren Gründen, nicht bis zu jeder Grösse sich zusammenhalten können, sondern durch die Verhältnisse ihrer Molecularkräfte genöthigt sein, sich in mehrere Systeme zu trennen, in welchen diese bis zu neuem Anwachs wieder ein Gleichgewicht finden könnten. Wir sind weder im Stande noch Wil-

lens, dieser Vorstellung eine concretere Ausführung zu geben; aber wir müssen einen allgemeinen Gedanken festhalten, der in ihr liegt. An die Generationsweisen der höheren Organismen gewöhnt, sehen wir die Fortpflanzung gewöhnlich nur als eine Leistung an, die der im völligen Gleichgewicht seiner Functionen befindliche Körper ausführt, ohne ihrer selbst zu seiner eignen Existenz zu bedürfen. Dem gegenüber kann es innere Verhältnisse der Organisation geben, welche eine Fortdauer derselben nur durch diese beständige Unruhe und Bewegung einer Vermehrung der Individuen gestatten.

496. Einen so völlig einfachen Bau indessen, wie wir ihn eben voraussetzten, besitzen nur einige der niedrigsten Thiere, deren Vermehrung im Allgemeinen wohl dem aufgestellten Bilde entspricht, aber doch schon auf eine organisch bestimmtere Weise zu geschehen scheint. Am nächsten diesem einfachsten Falle stehen jene Fortpflanzungsweisen, in welchen die Vermehrung so erfolgt, dass einzelne Producte des normalen Wachsthums sich ablösen und dadurch ebenfalls vielleicht in günstigere Bedingungen des weitern analogen Fortwachsens zurückversetzt werden. So wie das Wachsthum selbst bei den lebendigen Wesen nicht in einer formlosen Massenzunahme, sondern in einer morphotisch bestimmten Anbildung neuer Elemente besteht, so ist auch diese Vermehrung durch Ablösung der Wachsthumsproducte nicht ein gleichgiltiger Zerfall der Masse, sondern folgt dem Typus, nach welchem die regelmässige Zunahme des Körpers stattfindet; sie unterscheidet sich von allen andern Arten der Fortpflanzung dadurch, dass sie zu ihrer Verwirklichung keinen anderen physiologischen Process und keine andere Richtung der Bildungsthätigkeit voraussetzt, als die, die beständig im Organismus zum Zweck seiner eignen Vergrösserung vorkommen. Eine solche Vermehrungsweise kann natürlich nur in denjenigen Organisationen stattfinden, die irgendwie aus einer Reihe gleichwerthiger, homologer Elemente bestehen, welche im Verlaufe des Wachsthums vermehrt, nach einer allgemeinen Formel sich aneinanderlagern, und deshalb, von einander getrennt, auch wieder gleichwerthige neue Ausgangspunkte eines vervielfältigten Lebens bilden können.

497. Die Vergrösserung der Pflanzen beruht allgemein auf

einem Theilungsprocess, welchem die einfache Zelle unterliegt. Die eiweissartige membranöse Schicht, welche die Innenfläche der Zellenwand auskleidet, der Primordialschlauch, theilt sich durch eine nach innen wachsende Einschnürung in zwei zuletzt völlig von einander abgeschlossene Säckchen, deren einander zugewendete Flächen von neuen Schichten einer Cellulosemembran überzogen werden. Die niedersten Formen der Gewächse, die Algen, bestehen nun theils aus einzelnen, theils aus einandergereihten einfachen Zellen, deren Vermehrung demselben allgemeinen Typus folgt. Je nachdem die neugebildeten Zellen im Zusammenhang mit ihrem Bildungsstamme bleiben, oder sich von ihm trennen und zu Ausgangspunkten neuer Vermehrung werden, bieten sie bald ein Phänomen des Wachsthums, *bald das* einer Multiplication von Individuen dar. Auf diese Weise der Fortpflanzung scheint ein Theil dieser einfachsten Organisationen beschränkt; andere besitzen ausser ihr die Fähigkeit, durch eigenthümliche Keimkörner sich zu vermehren. In dem Thierreich finden sich zwar zahlreiche Klassen symmetrischer Geschöpfe, deren Körper aus einer grossen Reihe homologer Glieder oder Ringe besteht, die durch fortwährendes Wachsthum vermehrt, und deren äusserste zuweilen alternd von dem Körper abgestossen werden; aber diese Ablösung von Wachsthumsproducten scheint nicht die Stelle der Fortpflanzung zu vertreten, da die abgetrennten Glieder, obgleich wahrscheinlich, wie bei den Bandwürmern, mittelbar zur Begünstigung der Vermehrung bestimmt, doch nicht selbst als neue Individuen fortleben, oder wo sie dies thun, einer eigenthümlichen Ergänzung zu vollständigen Organismen bedürfen, die sie nicht mehr als blosse Wachsthumsglieder erscheinen lässt. (s. 502)

498. Die Processe, durch welche die Vermehrung der lebendigen Wesen bewirkt wird, sind daher meist etwas anders gestaltet, als die, welche das Wachsthum bedingen, obgleich sie in vielen Fällen dem Typus der letztern formell höchst ähnlich und von ihnen als modificirte Formen nur soweit verschieden sind, wie auch im Bau des Körpers differente Ausbildungen homologer Glieder von einander abweichen. Ein eigenthümlicher Massenantheil wird an gesetzlich bestimmten oder auch an zufällig gereizten Stellen bei Thieren und Pflanzen abgelagert, nicht

dazu bestimmt, durch seine Entwicklung Grösse und Gestalt des Mutterorganismus weiter zu bilden, sondern dazu vielmehr, sich von ihm zu lösen und der Mittelpunkt einer selbständigen neuen Gestaltung zu werden. Diese Fortpflanzung durch Knospenbildung ist am meisten bei den Pflanzen den gewöhnlichen Processen des Wachsthums analog; und eben bei ihnen kann daher auch in den entwickeltsten Klassen fast jedes Glied der Wachsthumreihe künstlich als eine Fortpflanzungsknospe benutzt werden. Denn sobald ein Gesammtorganismus selbst aus homologen Gliedern besteht, die als Theilganze Form und Function des Hauptganzen wiederholen, und daher ihm so wie unter einander ähnlich sind, so wird jedes dieser Glieder, nach seinem eignen Bildungsgesetzes fortwachsend, die Lebensform des Ganzen auf wachsende Massen zu übertragen vermögen. Bei allen zusammengesetzten verästelten Pflanzen bildet jeder seitliche Trieb ein solches Theilpflänzchen, dessen Wurzel freilich fehlt und durch die saftzuführenden Gebilde des Stengels vertreten wird. Von ihm aber künstlich abgelöst, erzeugt es leicht die fehlende Wurzel aus seinem untern Ende, am schnellsten, wenn die Ablösung zu einer Zeit geschieht, wo der abgetrennte Theil noch reich an abgelagertem Nahrungsstoff und zartem bildungsfähigen Zellgewebe ist. Doch geschieht diese Bewurzelung der künstlich abgetrennten Zweige bei verschiedenen Pflanzen nicht mit gleicher Leichtigkeit und schlägt bei vielen stets fehl, ohne dass die Gründe des Misslingens sich angeben liessen.

499. Aber nicht nur diese bereits in hohem Grade ausgebildeten Theilganzen der Pflanze besitzen die Fähigkeit, durch Nacherzeugung der ihnen fehlenden Wurzel sich zu vollständigen Organisationen zu ergänzen. Da vielmehr das Leben der Pflanze eben in beständiger Wiederholung dieser Formbildungen besteht, so schliessen grössere Abschnitte des Stengels, aus dem sie hervorgehen, stets Bildungsgewebe und bildende Kraft genug ein, um auch abgetrennt von dem Ganzen durch neu erzeugte Knospen die Aehnlichkeit mit ihm herzustellen, und durch Nachwuchs von Nebenwurzeln und Seitenzweigen sich zu einer vollständigen neuen Pflanze zu gestalten. Weniger leicht, als Stücke des Stengels zur Bewurzelung, lassen sich Wurzeln zur Nachbildung von Stengel und Blatt bestimmen; noch seltener und nur bei

wenigen Pflanzen gelingt es, wie bei Citronen, Ficus elastica, aus einem Blatte eine ganze Organisation durch Nachknospung von Wurzel und Stengel zu erzielen; ganz unfähig dieser Vervollständigung sind Blüthentheile, in denen noch mehr wie im Blatte, die gestaltende Kraft einen bestimmten Abschluss erreicht hat. Zur Erzeugung von Wurzeln zwar sind abgeschnittene Blätter, in feuchte Erde gebracht, nicht ungeneigt; sie bieten dann das eigenthümliche Schauspiel einer Pflanze dar, welche die Functionen der Ernährung vollständig versieht, aber durchaus keines Wachsthums fähig ist. Solche bewurzelte Blätter erreichen zuweilen ein Alter, welches ihre gewöhnliche Lebensdauer weit übertrifft; so sah Knight, dass Blätter von Mentha piperita, die er Wurzeln hatte treiben lassen, sich über ein Jahr lang *frisch* erhielten, und beinahe das Ansehen von immergrünen *Blättern* annahmen. (Mohl in Wagners HWBch. IV, 264).

500. Von allen diesen Möglichkeiten künstlicher Fortpflanzung benutzt die natürliche Vegetation unmittelbar keine so, dass sie die sprossenden Theilganzen auch räumlich ausser Continuität mit dem Stamme setzte und sie als völlig abgesonderte neue Ganze für sich fortvegetiren liesse. Aber sie bietet doch zu jeder dieser künstlichen Vermehrungen eine Analogie, indem sie Fortpflanzungsknospen eigenthümlicher Art bildet, die zwar in dem Typus ihres Baues jenen Bestandtheilen der wachsenden Gestalt vollkommen analog, sich doch durch einige Besonderheiten ihrer Bildung als Organe darstellen, die nicht zur Vergrösserung des Stammorganismus, sondern zur Vermehrung der Individuen bestimmt, sich von jenem freiwillig ablösen. Diese eigenthümlichen Brutknospen, gemmae plantiparae, unterscheiden sich von den Wachsthumsknospen, gemmae ramiparae, meistens durch eine verkürzte und veränderte Bildung ihres Axentheils, und treten bald in Zwiebelform, bald als unterirdische, verdickte, stärkmehlreiche Knollen nach Absterben des Gewebes, das sie mit dem Stammorganismus verband, in Freiheit, um sich zu selbständigen Ganzen auszubilden. Andere Pflanzen senden langgedehnte rankende Ausläufer aus, die Wurzeln schlagend noch unbestimmte Zeit mit ihnen in Verbindung bleiben, bis sie nach Vertrocknung dieser Zusammenhänge sich auch für die äusserliche Anschauung als neue isolirt vegetirende Ganze darstellen; eine

Fortpflanzungsart, die in einigen Gattungen der Infusorien ein wenigstens morphotisches Gegenbild findet.

501. Auch den niedern Klassen der Thierwelt ist eine Fortpflanzung durch Knospenbildung natürlich. Da jedoch wenige Thiere gleich den Pflanzen bestimmt sind, eine zusammenhängende Kolonie vereinigter Wesen zu bilden, so stellen sich diese Knospen hier meist deutlicher als Brutknospen dar, die von dem Wachsthumsprocesse des einzelnen Thieres sehr verschieden sind. Theils an gesetzlich bestimmten, theils wie es scheint auch an zufällig durch äussere Reize dazu disponirten Stellen des Körpers sammelt sich eine bestimmte Menge organischer Masse, die knospenartig anschwellend nach aussen hervorragt, und anwachsend sich allmälich, indem ihre Organisation der des Mutterthieres ähnlicher wird, von diesem abschnürt. Bald völlig abgetrennt, entwickelt sich diese Knospe zu einem eignen freibeweglichen Thiere, bald bleibt sie länger, zuweilen für immer mit dem Mutterstocke zu einem zusammengesetzten Ganzen vereinigt. So treiben unter den Infusorien die festsitzenden Vorticellen aus ihrem Stiele einen seitlichen Auswuchs hervor, der allmälich die glockenförmige Gestalt des Mutterthieres erreicht, und dann von seinem Stiele sich lösend, mittelst eines Wimperkranzes am hintern Ende freibeweglich davonschwimmt, um später sich wieder festzusetzen. Noch in der Klasse der Ringelwürmer findet sich eine gleiche Fortpflanzungsweise, indem am hintern Ende des Leibes meist zwischen dem letzten und vorletzten Ringe eine Knospe hervorsprosst, die sich zum Kopfende des neu zu bildenden Individuum entwickelt. Während dieses zunimmt und mit Nachwuchs neuer Ringe sich aus dem Mutterthiere hervorschiebt, können sich zwischen ihm und diesem neue Knospen bilden, die denselben Umwandlungsprocess wiederholen. In diesen Fällen bilden sich die Knospen zu selbständigen Individuen aus; in der Klasse der Polypen kommen theils frei sich ablösende Knospen vor, theils bleiben sie zu einer Kolonie mit dem gemeinschaftlichen Stocke verbunden.

502. Eine andere Fortpflanzungsweise, die durch Theilung, ist der Thierwelt eigenthümlich. Zwar kann keine Vermehrung überhaupt ohne Trennung irgend eines Massentheils von dem Mutterkörper zu Stande kommen; allein unter dieser Theil-

ung verstehen wir den specielleren Fall, dass der Stammorganismus selbst in seiner ganzen Substanz in mehrere gleiche Wesen sich spaltet. Eine solche Vermehrung kommt zwar bei Pflanzenzellen, und demgemäss bei jenen einfachsten Pflanzen vor, die nur in einer Zelle bestehen, und künstlich bewirken wir sie bei höheren Pflanzen, indem wir Stücke des zerschnittenen Stengels sich zu vollständigen Gewächsen ergänzen lassen; aber nur im Thierreich gehen auch zusammengesetztere Organisationen spontan durch diesen Process der Selbstspaltung in verschiedene Individuen über. Bei den Infusorien, deren Körper wenig Differenz der Bestandtheile zeigt, kommt diese Spaltung dem Bilde eines Zerfalls der wachsenden Masse, das wir am Anfang aufstellten, am nächsten. Aber sehr selten ist doch ein thierischer Körper so *einfach* gebildet, dass er durch die Spaltung selbst in zwei *congruente* Hälften zerfiele, die nicht noch durch nachfolgende Bildungsprocesse zu der Form des frühern Thieres erst wieder ergänzt werden müssten. Die Längs- oder Quertheilung, durch welche die Infusorien sich in mehrere Individuen trennen, die oft unmittelbar nachher zu einer wiederholten Weiterspaltung fähig sind, scheint von einem kernigen, festeren Gebilde auszugehen, das man in ihrem zarten Körper beobachtet. Allmälich in ovale, biscuitförmige Gestalt übergehend, schnürt sich dieser Kern in zwei Hälften ab, deren jede einen Theil des Parenchyms sich aneignet. Ein merkwürdiges, obwohl vielleicht nicht zweifelloses Beispiel spontaner Quertheilung bietet unter den Würmern Nais proboscidea dar. Eine Stelle des Körpers verdickt sich, es entstehen schwarze Augenpunkte an ihr und der neue Kopf mit dem hinter ihm befindlichen Gliedern schnürt sich von dem Ganzen als selbständiges Individuum ab. Oft noch vor der völligen Trennnng bildet das Mutterstück schon wieder neue Glieder an der Einschnürungsstelle, aus denen abermals ein neues Individuum sich abgrenzt. Man findet daher bei Nais oft zwei bis drei, bei Syllis prolifera und Myriadine selbst sechs und mehr Individuen in den verschiedensten Entwicklungsstufen rosenkranzförmig der Länge nach mit einander verbunden. Diese fortwährende Neubildung von Gliedern an dem hintern Ende des Mutterstückes der Nais lässt jedoch den Zweifel, ob hier eine wahre Fortpflanzung durch Theilung und nicht vielmehr eine Art Knospen-

bildung vorliegt, und zwar eine so beschleunigte, dass das sprossenbildende Endglied die neue Knospe schon vor der völligen Abstossung der früheren erzeugt. Eine reine Theilung verdient diese Fortpflanzung ohnehin um deswillen nicht genannt zu werden, weil nicht alle differenten Organe des Mutterkörpers in die Spaltung eingehn, das Kopfende desselben vielmehr ungetheilt bleibt, während der junge Auswuchs ein neues erzeugt. Einer vollständigen symmetrischen Spaltung, die nur der Länge nach, nicht durch Querabschnitte geschehen könnte, sind dagegen diese Thiere weder künstlich fähig, noch von Natur unterworfen. Uebrigens scheint diese Fortpflanzungsart nur bei noch nicht völlig entwickelten Thieren vorzukommen, so dass nach mehrmaliger Sprossenerzeugung das Mutterstück zuletzt Geschlechtstheile bekommt und sich ferner durch Zeugung vermehrt.

503. Bei der Schwierigkeit aller hierher gehörigen Beobachtungen ist die Ausdehnung, in welcher eine wahre Theilung als natürliche Vermehrungsweise in der Thierreihe vorkommt, nicht zu bestimmen; dagegen ist es möglich, durch künstliche Theilung auch aus Thieren, denen diese Vermehrungsweise nicht natürlich ist, eine wachsende Anzahl von Individuen zu erzeugen. Das kopflose Stück einer quer durchschnittenen Nais erzeugt in 3 bis 4 Tagen Kopf und Rüssel neu; auch quer getheilte Regenwürmer ergänzen sich zu vollständigen Individuen, aber nicht, wenn sie der Länge nach zerschnitten sind. Eine weit ausgedehntere Fähigkeit zur Neubildung besitzen dagegen nach Trembleys vielfältigen Versuchen die Polypen. Der hintere Theil einer quer durchschnittenen Hydra bekommt in der warmen Jahreszeit nach 24 Stunden Kopf und Arme, die als kleine Knötchen hervorwachsen, und frisst wieder nach 2 Tagen. Dieser Ergänzung zu einem vollständigen Organismus ist jedes Quersegment fähig, ebenso wie jedes Stück eines Pflanzenstengels. Aber auch der Länge nach getheilt legen sich die Hydren mit ihren Schnitträndern zu einer Röhre zusammen, und schon in einer Stunde sah Trembley die Form des Polypen hergestellt, bis auf die Arme, die in einigen Tagen nachwuchsen. Ein solcher Polyp frass schon drei Stunden nachher. Aus allen in den verschiedensten Richtungen zerstückten Theilen der Hydra endlich, nur die Arme ausgenommen, sah Trembley neue ganze Polypen sich entwickeln,

und vermochte durch unvollständige Theilung, z. B. der Länge nach, Missbildungen, wie zwei- bis siebenköpfige Hydren, willkührlich hervorzubringen. Wurden so dünne Riemchen der Substanz der Länge nach ausgeschnitten, dass sie durch Umrollen der Schnittränder und deren Verheilung keinen neuen Verdauungskanal bilden konnten, so entstand ausgleichend in ihrem Gewebe selbst eine Höhlung. Diese unglaubliche Reproductionskraft erlischt in den höheren Organisationen sehr schnell; an ihrer Stelle bleibt eine beschränktere Fähigkeit zurück, einzelne verloren gegangene Glieder zu ersetzen. Die Schnecke erzeugt ihre Fühlhörner wieder, der Krebs Scheeren und Beine; eine Neubildung des Schwanzes, ja selbst des Augapfels mit neuer Hornhaut und Krystalllinse ist bei dem Salamander beobachtet worden. In den *höheren Thieren* ist selbst diese Fähigkeit des Wiederersatzes der Organe äusserst beschränkt und geht kaum über die Wiederherstellung gleichartiger Gewebtheile hinaus; selbst diese findet nicht überall statt, sondern Substanzverluste oder Zerreissungen vieler Theile werden einzig durch eine Zwischenbildung von Bindegewebe ausgeglichen.

504. Diese merkwürdigen Thatsachen haben Joh. Müller in seiner vorzüglichen Darstellung der verschiedenen Fortpflanzungsformen, (Physiologie II. 1840. S. 592 ff.) zu scharfsinnigen Reflexionen über die Wirkungsweise der organischen Bildungskräfte veranlasst, denen auch wir uns einen Augenblick hingeben müssen. Es gibt Thiere, sagt Müller, welche die Zahl ihrer Glieder beim Wachsthum vermehren und bei welchen ein Theil dieser Glieder des grösseren Ganzen sowohl von selbst als neues Thier sich ablösen, als durch die Kunst lebensfähig getrennt werden kann. Diese Glieder waren dem Willen des Stammthieres eine Zeit lang unterworfen und in sofern blos Theile desselben. Von einer gewissen Zeit an entsteht eine nähere Beziehung dieser Glieder zu einander, als zu dem Stamm, und diese sich zur Ablösung vorbereitenden gegliederten Stücke des Wurms erhalten sogar vor der Ablösung vom Stamm ihren eignen Willen und gleichsam ihr eignes Centrum und befreien sich mit willkührlicher Bewegung von der Verbindung mit dem Mutterstamm. Bei einer Naide gleichen die Stücke, die sich ablösen können, dem jungen Zustande des neuen Individuum schon der Form nach, indem das Mutterthier viele solche Ringe enthält, von denen das junge

Individuum nur wenige hat. Bis hierher würde daher der Process der Fortpflanzung nur das allgemeine Räthsel des fortwährend gleichartigen Wachsthums enthalten, abgesehen von dem andern dunkelen Verhältnisse der Beseelung, dem wir hier gern noch aus dem Wege gehen. Aber, fährt Müller fort, es kann auch ein Thier der Form nach nichts von einem Multiplum gleichartiger Theile zeigen, und doch ein Multiplum solcher Theile sein, die selbst zu neuen Individuen sich verselbständigen können. Hierher gehören die Hydren zu der Zeit, wo sie noch ein einziges, von einem Willen beseeltes Individuum ohne Sprossen sind; auch in diesem der Form nach einfachen Zustande sind sie Multipla desjenigen, was zur Bildung eines Polypenindividuum nöthig ist, und es ist in aliquoten nicht naher bestimmbaren Theilen ihres Körpers Alles enthalten, was zu dem Begriffe der Species gehört, so wie ein Bestreben, die Form individueller Existenz anzunehmen. Die Ursache, welche eine Portion der Hydra oder Planaria zur Unterordnung unter ein grösseres Ganzes zwingt, ist die Wechselwirkung dieser Portion Materie mit derjenigen eines schon organisirten, durch sein Gehirn centrirten Thieres. In diesem Zustande bleibt die Grundkraft latent und die Organisation der Gewebtheilchen dieser Portion Materie dient dem Centraleinfluss des organisirten Polypen. Sobald aber der Contact einer Portion organisirter Materie einer Hydra oder Planaria mit dem centrirten Ganzen aufgehoben wird, so wird auch der herrschende Einfluss des letztern vernichtet und das abgetrennte Stück strebt zu individueller Organisation, indem wahrscheinlich die in ihm schon vorhandenen differenten Gewebtheile ihre Bedeutung verlieren, und sich die ganze Masse in Bildungsstoff und Keimzellen verwandelt, aus denen beim Embryo alle Gewebe entstehen, und diese Zellen wieder, wie beim Embryo, in die Urtheilchen der späteren Gewebe umgewandelt werden. Durchschneidet man daher eine Hydra und lässt beide Stücke getrennt, so wachsen sie zu zwei vollständigen Individuen aus; vereinigt man die beiden Stücke mit ihren frischen Schnitträndern wieder, so wachsen sie aufs neue zu einem Individuum zusammen, indem das abgetrennte kopflose Stück unter den centrirenden Einfluss des andern zurückkehrt.

505. Wir haben diese Reflexionen gern dem Werke Mül-

lers entlehnt, auf dessen Anerkennung jeder Schritt in der Physiologie zurückführt. Wenn wir dennoch mit dem Ergebniss derselben uns nicht zufriedengestellt fühlen, so schliessen wir in diesen Tadel unsere eignen Ansichten mit ein; denn in der That lässt sich wenig mehr und wenig besser, als Müller gethan hat, über diese geheimnissvollen Vorgänge speculiren. Doch kann ich nicht umhin, einige Bemerkungen den seinigen beizufügen. Die Entstehung vieler Individuen aus den zerstückten Fragmenten eines einzigen von einer virtuellen Vielfältigkeit dieses einfach erscheinenden Wesens herzuleiten, erscheint im ersten Augenblick wohl als eine Aufklärung, in der That ist es jedoch kaum mehr, als ein in die Sprechweise der Physik übersetzter Ausdruck der unerklärten Thatsache selbst. Es reicht hin zu wissen, dass aus einem Wesen mehrere hervorgehn, um behaupten *zu können*, das erste habe virtuell die letztern in sich; das wesentlichste Interesse der Physiologie würde jedoch darin bestehn, die bestimmtere Gestalt dieser Virtualität kennen zu lernen. In dieser Beziehung erscheint uns der Name virtueller Multipla nicht ganz glücklich gewählt, da er ein unbegründetes Vorurtheil zwar nicht einschliesst, aber doch leicht erwecken kann, nämlich dies, dass die später hervortretenden vielfachen Wesen zu irgend einem Theile ihres Baues und ihrer Gestalt in dem Mutterthiere bereits präformirt enthalten gewesen wären. Müller hat sich von diesem Vorurtheile nicht täuschen lassen, aber die Ansichten, die seinen Aeusserungen zu Grunde liegen, verdienen eine weitere Berücksichtigung. Gehen wir von einer nicht unbeliebten Vorstellung aus und vergleichen wir den gesammten Körperbau als ein regelmässiges Ganzes mit einer verwickelten, jedoch streng gesetzmässigen krummen Linie, für die eine allgemeine Gleichung sich angeben lässt, so würden wir sagen können, dass in jedem noch so geringen Abschnitte dieser Curve eine Pradestination für ihren ganzen weiteren Verlauf liege, und dass, wenn der Curve überhaupt ein Wachsthum möglich wäre, sie sich aus diesem einen Stück vollkommen genau wieder zu derselben Gestalt ergänzen würde, die wir zuerst an ihr voraussetzten. Nach einem kühnen Sprunge aus dem Reiche der Grössen in das des Realen könnte man nun geneigt sein, es ganz natürlich zu finden, dass auch in jedem kleinsten Theile eines Organismus die Form des Ganzen

enthalten sei und unter Umständen aus ihm wiederentstehen müsse, obgleich formell ausgebildet an diesem Theilchen nichts als eine höchst unscheinbare und einfache Gestalt zu entdecken wäre.

506. Wir wollen nicht weitläuftiger darauf eingehn, dass eine so strenge Gesetzlichkeit, wie wir sie eben voraussetzten, vielleicht nicht in den lebendigen Körpern vermuthet werden darf. So gewiss wir annehmen, dass in einer ausgebildeten Organisation jedes Theilchen durch den Gesammteinfluss der übrigen in seiner Gestalt und Function bestimmt wird, so wenig ist es nothwendig, dass es nun auch umgekehrt als Differential des Ganzen ausschliesslich nur auf eine einzige Organisation als sein Integral zurückführen müsste. Leicht könnte es vielmehr sein, dass die Summe der Zustände, welche jener Gesammteinfluss des Ganzen auf das Theilchen ausübt, eine so wenig characteristische wäre, dass ihm eine sehr mannigfache Art der weitern Entwicklung möglich bliebe. Davon ganz abgesehn liegt jedoch die wahrhaft interessante Seite der Sache nur in der Frage, ob wir und wie wir uns in jenem Differential eine solche Summe physischer Bedingungen und realer Hilfsmittel vereinigt denken können, dass es kraft derselben jene Ergänzung zu einer vollständigen Organisation durch ein wirkliches Wachsthum, das den abstracten Linien versagt ist, auszuführen vermöchte. Diese Frage ist durch den Ausdruck eines virtuellen Daseins vielfältiger Wesen in dem einen Ganzen zwar bezeichnet, aber nicht in anschaulicherer Weise beantwortet. Man hat in früherer Zeit bekanntlich in jedem Theilchen eines Organismus sich Keime aller übrigen gedacht, oft gewiss in Gestalt einer unendlichen Menge von Miniaturbildern, die überall zerstreut sind, oft, wo man diese naive Vorstellung scheute, hat man eine unklarere dynamische Gegenwart des Ganzen in allen seinen Theilchen angenommen. Die Ausdrucksweise Joh. Müllers hält von diesen unphysikalischen Vorstellungen sich fern, und seine interessante Auffassungsweise, jedem Theilchen ein Bildungsbestreben beizulegen, das nur durch den Einfluss der Verbindung mit anderen balancirt werde, nach der Trennung aber in freie Entwicklung ausgehe, lässt sich leicht an dem Beispiele eines Magneten veranschaulichen, dessen jeder Theil nach seiner Ablösung von den andern Pole erzeugt, die

er in seiner Gemeinschaft mit ihnen nicht besitzen konnte. Aber auch diese Auffassung lässt noch immer den Kreis der bestimmten Massen, Kräfte und Zustände unbezeichnet, aus dem jenes im Gleichgewicht gehaltene Bildungsbestreben des einzelnen Theilchens als mechanisches Resultat hervorgeht.

507. Die Assimilation, durch welche eine Substanz ihre Masse gleichartig vermehrt, gilt, obgleich sie eigentlich selbst völlig unerklärt ist, als ein verhältnissmässig einfacher Anknüpfungspunkt der Betrachtung. Auch dies würde man ferner als begreiflich zugeben, dass durch Wechselwirkung mit äusseren Bedingungen eine ursprünglich homogene Masse in heterogene Bestandtheile zerfallen könnte, und dass aus dem natürlichen Gestaltungsbestreben jedes dieser Theile und seinem Conflict mit dem aller übrigen sich nicht unbeträchtliche Anfänge einer zusammengesetzten Formbildung entwickeln würden. Aus einem Keime hervorgehend zerfällt auf diese Weise der Organismus in zwei Reihen von Stoffen. Die eine Reihe umfasst jene specifisch entwickelten und zu differenten Gebilden modificirten Substanzen, die von dem ursprünglichen Bildungsstoffe sowohl als unter sich mannigfach verschieden sind. Neben ihnen aber würde zweitens auch durch eine Assimilation des Gleichartigen stets dieser ursprüngliche Stoff sich unverändert wiedererzeugen, so dass es gestaltenden Kräften oder Bedingungen, die sich im Organismus einfänden, nie an dem bildsamen Substrate fehlte, aus dem die erste Entwicklung hervorging und später also auch neue noch hervorgehen könnten. So lange nun der Bildungsstoff, zu einer verhältnissmässig einfachen Organisation bestimmt, keine sehr zusammengesetzten äussern Bedingungen seiner Entwicklung verlangt, wird er diese leicht an verschiedenen Stellen innerhalb eines schon bestehenden lebendigen Körpers finden, und sowohl die Erzeugung von Knospen, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Mutterkörper reifen, als auch die Bildung eigener Brutzellen, die noch vor ihrer Entwicklung der Aussenwelt überliefert werden, würde von diesem Gesichtspunkte aus kein grösseres Räthsel sein, als die, die wir uns überhaupt gewöhnen müssen, in diesem Gebiete ungelöst zu lassen. Auch künstlich abgetrennte Theile eines Ganzen würden, wenn sie amorphen Bildungsstoff genug einschlössen und einfache äussere Vegetationsbedingungen

besässen, zu einer vervollständigenden Entwicklung gelangen können. Doch zeigt uns ein Ueberblick sowohl über die ungeschlechtliche Entstehung als über die Zeugung durch Geschlechter, dass eine gewisse Grösse der lebendigen Masse oder eine gewisse Zusammenfassung mit anderen differenten nöthig ist, um ihren Bildungtrieb in der Wechselwirkung mit äussern Bedingungen aufrecht zu halten und ihn zu lenken

508. Was dagegen die secundären Producte des Keimstoffes, die differenten Elemente der Muskeln, Nerven, Knochen u. s. w. betrifft, so haben sie ohne Zweifel mit ihrer Entfernung von dem Typus jenes Blastems auch dessen Fähigkeit, sich zu neuen Ganzen zu entwickeln, verloren und es ist eine völlig ungerechtfertigte Voraussetzung, dass jede Zelle, gleichviel auf welchem Punkte ihres eigenthümlichen Entwicklungsganges sie eben steht, noch die Kraft besitze, den ganzen Organismus, dem sie als dienendes Glied angehört, aus sich selbst wiederzuerzeugen. Nur auf zwei Weisen scheint von solchen secundären Gebilden aus eine Regeneration des Ganzen oder eine Fortpflanzung möglich. Entweder sie erfahren eine rückschreitende Metamorphose, wie Müller andeutet, und zerfallen in gestaltlosen Keimstoff, aus dem sie sich nun erst zu einem neuen Organismus ausbilden, oder sie vervollständigen sich, wenn nicht vollkommen, so doch beinahe nur durch Processe ihres gewöhnlichen Wachsthums zu einem neuen Ganzen Soll aber dies Letztere möglich sein, so ist es nothwendig, dass die abgetrennte Masse von jedem different geformten und functionirenden Systeme des Ganzen einen Antheil enthalte, der speciell als Keim für den Nachwuchs dieses Systems zu dienen vermag. Man findet daher die Vermehrung durch Quertheilung in der Klasse der Ringelwürmer nicht wunderbar, da ihr Körper, die beiden Endglieder ausgenommen, aus homologen Ringen besteht, deren jeder dieselben differenten Elemente enthält, wie der andere. Jeder einzelne Ring, als dem Ganzen in der Formel seines Baues ähnlich, würde daher ein neues Individuum bilden können und es käme nur noch darauf an, ob die gewöhnlichen äusseren Bedingungen günstig genug sind, um einem so kleinen Massenantheil eine Entfaltung seiner immanenten Gestaltungskräfte zu gestatten. Aus den Armen des Polypen entsteht dagegen nichts, weil sie dem

Ganzen unähnliche Theile sind. Thiere ferner, die nach keiner Richtung hin in gleiche Theile zu zerfällen sind, und doch aus einem verwickelten Gewebe differenter Elemente bestehen, werden in keinem ihrer Abschnitte alle nöthigen Keime zur Wiederergänzung beisammen haben; und schon aus diesem Grunde geht ihnen diese Fortpflanzung durch beliebige Bruchstücke ab. Ausser diesen Eigenthümlichkeiten des Baues muss man auch die der Functionen berücksichtigen. Ist die Ernährung der Körpermasse wie bei den höheren Thieren überall, auf ein einziges communicirendes Gefässsystem gestützt, auf eine Circulation, die ununterbrochen fortdauern muss, sobald die Bildungsfähigkeit der Theile nicht durch Veränderung ihrer Mischung zu Grunde gehen soll, so kann auch kein einzelnes Bruchstück, diesen regulirenden Einflüssen entzogen, ein Wachsthum entwickeln, das zur Erneuerung des Ganzen führte. Zwei Bedingungen würden sich also für diese Fortpflanzung durch einzelne Theile angeben lassen: eine Aehnlichkeit ihres Baues mit dem des Ganzen und ein Grad functioneller Unabhängigkeit, der ihnen entweder längere Zeit für sich zu vegetiren, oder die nöthigen Lebensreize, die sie früher durch das Ganze empfingen, unmittelbar auch aus der Aussenwelt aufzunehmen verstattet.

509. Der ersteren von diesen gewöhnlichen Vorstellungsweisen, jener nämlich, welche die chemische Eigenthümlichkeit eines Fortpflanzungsstoffes als den Ausgangspunkt aller Bildung bezeichnet, haben wir nichts hinzuzufügen; so wenig wir sie empirisch weiter verfolgen können, so sehr wird sie im Allgemeinen durch den Hergang der geschlechtlichen Zeugung empfohlen. Die andere, welche die Ergänzung zerstückter Organismen oder die Regeneration verlorner Theile von der Entwicklung der Kräfte herleitet, die in ihrem eignen Baue oder in dem des Stammes noch wirksam sind, erscheint uns bei weitem nicht so einfach. Man pflegt sich wohl gleichnissweis vorzustellen, in jedem Organismus seien gewisse Richtungen der bildenden, oder, wenn er ausgebildet ist, der erhaltenden morphotischen Thätigkeit beständig vorhanden. So wie nun zwei gezeichnete Seiten eines Dreiecks, wenn man ihre zusammentreffenden Enden auslöscht, doch noch immer nach demselben Punkte des Raumes zu convergiren und auch ungezeichnet sich in ihm zu durchschneiden

fortfahren, so sollen nach dem Verlust eines Gliedes auch die Richtungen jener Bildungskraft noch immer auf dasselbe Product hinstreben und es durch Bewegung und Zusammenlagerung von Massen zu ergänzen suchen. Jedes Gewebe würde gewissermassen sich verlängernd in den leergewordnen Platz nach der Richtung hineinwachsen, die ihm seine gesetzliche Verbindung mit den übrigen vorschriebe. Aber eben das ist die Frage, auf welche Weise diese blosse ideale Hindeutung auf ein Fehlendes die physische Kraft erlangt, es wiederzuerzeugen. Und da würde sich finden, dass jene Hypothese nicht so einfach ist. Die Regenerationen verlorner Glieder erfolgen, wie es wenigstens scheint, in ähnlicher Weise wie die ersten Bildungen; Ablagerung formlosen Blastems, Zerfall desselben in verschiedene differente Theile, die erst spät die frühere Gestalt wiederreichen, kommen auch hier vor. Nun sind aber im ausgebildeten Körper nicht nur die Lagen- und Functionsverhältnisse des Ganzen überhaupt, sondern namentlich die derjenigen Theile, in deren Umgebung sich das wiederentstehende Glied bildet, häufig beträchtlich anders, als sie zur Zeit der ersten Bildung waren. Wenn daher der gegenwärtige Bestand eines ausgebildeten Körpers zwar durch eine morphotische Formel ausgedrückt werden kann, die einen verloren gegangenen Theil mit einschliesst und ihn postulirt, so ist doch damit keineswegs die Methode der Bildung erklärt, durch welche der abgelagerte Ersatzstoff aus vorläufigen Gestalten, die dem Postulat der Formel zuerst gar nicht entsprechen, nach und nach in die verlangte Anordnung übergeführt wird. Man würde nach jener Hypothese allenfalls eine Neubildung der Krystalllinse begreifen; denn man würde sich vorstellen können, dass die Kapsel derselben auch im gewöhnlichen Zustande eine Art bildender und den Stoffwechsel regulirender Matrix sei, die daher den Verlust der Linse durch eine Erhöhung ihrer gewöhnlichen Thätigkeit, ohne dabei doch zu andern Methoden ihres Wirkens genöthigt zu sein, auszugleichen vermöchte; aber man kann nicht auf gleiche Weise die Regeneration eines Krebsschwanzes erklären, für welche der zurückgebliebene Stumpf unmöglich dieselbe Function übernehmen könnte. Gerade diese Phänomene der Regeneration enthalten ein schwierigeres Räthsel, als die vollkommne Neubildung eines ganzen Organismus. In der Pflanze, die keinen um-

fänglicheren Theil wiedererzeugt, sondern nach dem Verlust des einen ihren Saftreichthum nur zu üppigerem Nachwuchs überall gleichgebauter Bildungen benutzt, kommt diese Schwierigkeit nicht vor. Bei ihr ist die Blattknospe weder eine schon fertige Miniatur des Blattes, noch ist sie an einen bereits innerhalb des Stengels organisirten Keim als Ansatzpunkt ihrer Bildung gebunden; sie entsteht vielmehr aus einem anscheinend chaotischen Zellenhaufen, und gestaltet sich erst durch seine vegetirende Thätigkeit, und zwar nicht in allen ihren Theilen zugleich, sondern die Spitze voranschiebend, während die Basis noch ziemlich unausgebildet ist. Hier liegt es daher nahe, die Entwicklung ganz an die qualitative chemische Natur des Saftes und an die eigenthümliche Gestalt der einzelnen Primitivzellen gebunden zu denken. Dies kann bei Thieren nicht so sein. Soll aus dem *abgelagerten* Plasma hier ein verlorenes Bein, dort ein verlorener Schwanz regenerirt werden, so muss allerdings die organisirte Umgebung, oder die Localität der Neubildung auf die specifische Gestaltung des Nachwuchses einen bestimmenden Einfluss ausüben. Aber es bleibt uns nichts übrig, als die Art, in welcher dieser Einfluss wirksam ist und die Quellen von denen er ausgeht, für vorläufig vollkommen unbekannt zu erklären.

§. 43.

Fortpflanzung durch Sporen und Samen.

510. In den bisher erwähnten Fällen trennte sich von dem Organismus ein ziemlich bedeutendes Massenaggregat ab, um durch Nacherzeugung der ihm fehlenden Theile sich zu einem neuen Ganzen zu vervollständigen. Aber die Fortpflanzung geschieht ausserdem noch auf eine andere Weise, indem einzelne eigenthümliche Zellen gebildet werden, in denen ursprünglich keine dem ganzen Organismus ähnliche Zusammensetzung von Theilen präexistirt, sondern nur innere Bedingungen irgend welcher Art zu ihrer späteren Entfaltung gegeben sind. Zu solchen Fortpflanzungszellen können sich bei Flechten und noch bei Laubmoosen fast alle der Oberfläche nahe gelegenen Zellen umwandeln: bei höher ausgebildeten Pflanzen ist diese Entwicklungsfähigkeit auf wenige ihrer Lage nach bestimmtere Zellen be-

schränkt, und mit steigender Sorgfalt bereitet die Natur zusammengesetztere Organe vor, denen die Bildung dieser keimfähigen Anlage übertragen wird. An irgend einer Stelle des Parenchyms entstehen Zellen, die durch ihre Form und Zusammenlagerungsweise sich von denen der übrigen Körpersubstanz mehrfach unterscheiden, und in deren Höhlen sich durch freie Entstehung aus dem eingeschlossenen Safte jene Fortpflanzungszellen, die Sporen bilden die von der Mutterpflanze sich trennen, und unter günstigen äusseren Bedingungen zu einer vollständigen Pflanze entwickeln. Da die Sporen noch keine ausgeführte Anlage der künftigen Gestalt, sondern nur eine organisationsfähige Flüssigkeit enthalten, so müssen wir ihre ausschliessliche Befähigung zur Fortpflanzung im Gegensatz zu den übrigen Zellen durch die eigenthümlichen chemischen Einflüsse begründet denken, unter denen sie in dem zu ihrer Bildung bestimmten Theile des Parenchyms entstand.

511. Auch in den höher organisirten Pflanzen bildet sich die Fortpflanzungszelle in einem besondern oft sehr eigenthümlich gebauten Organe, das aus einem Stengelgebilde als abschliessendes Glied desselben entspringt. Aber diese Zellen sind für sich nicht entwicklungsfähig, sondern bedürfen des befruchtenden Einflusses, welchen auf sie der Saft einer andern Zelle, des Pollenkorns ausübt, das in der Anthere, einem Gliede aus der Reihe der Blattorgane gebildet wird. Nachdem diese Wechselwirkung stattgefunden hat, gestaltet sich noch innerhalb des Mutterorganismus die Fortpflanzungszelle zu einer ausgeführten Anlage der künftigen Pflanze, dem Embryo, um, und wird erst später, von hüllenden Membranen umgeben und in Zellen eingelagert, welche eine Menge ungestalteten Nahrungsstoffs enthalten, von dem Mutterorganismus getrennt. Nach längerer oder kürzerer Zeit des latenten Lebens, während welcher dieser Same sich keimfähig erhält, ohne weitere Veränderungen einzugehn, entwickelt er sich unter günstigen Bedingungen der Wärme und Feuchtigkeit zu der neuen Pflanze. Unter dem Namen der Embryonaten stehen diese Gewächse, deren Fortpflanzungsmittel diese bereits zu feiner Ausführung gelangte Anlage des künftigen Keims in sich tragen, den Exembryonaten gegenüber, die sich durch jene Sporen vermehren, in denen nur eine organi-

sirbare Flüssigkeit ohne Andeutung schon begonnener Bildung den äussern Einflüssen überliefert wird.

512. Die Sporen sind einer vorgängigen Befruchtung nicht bedürftig; die Samen dagegen sind ohne eine solche nicht entwicklungsfähig; und wenn sie auch äusserlich die gewöhnliche Gestalt und Ausbildung erreichen, so fehlt ihnen doch der Embryo, auf dessen Gegenwart alle spätere Entwicklung beruht. Man hat deshalb denselben Gegensatz dieser beiden Pflanzengruppen durch die Unterscheidung von geschlechtslosen, Kryptogamen, und Geschlechtspflanzen, Phanerogamen, bezeichnet, indem man den in der Thierwelt bekannten Begriff der Sexualität auf die Pflanzen übertrug, deren Fortpflanzungsverhältnisse sich bis in manche unerwartete Einzelheiten denen der thierischen Zeugung analog zu verhalten schienen. Die Fortpflanzungszelle nebst dem Inbegriff der zu ihrer unmittelbaren Umhüllung bestimmten Theile dem weiblichen Organe der Thierwelt vergleichend, sah man in dem Producte der Antheren, den Pollenkörnern, das befruchtende männliche Sperma und konnte die Processe, welche die Wechselwirkung beider vermitteln, nach den bekannten Vorgängen der thierischen Fortpflanzung deuten. Diese Anschauungsweise hat in neuerer Zeit viele Ungunst erfahren, und es ist als eine Regel der Untersuchung häufig hervorgehoben worden, den Analogien zu misstrauen, welche nur oberflächlich und scheinbar die wesentlichen Verhältnisse der Thierwelt auf die wesentlich andern der pflanzlichen Organisation übertragen. Die Abneigung gegen solche Analogien ist indessen nicht allein aus methodologischen Gründen entstanden, sondern unter andern auch aus Thatsachen entsprungen, die man mit Recht oder Unrecht beobachtet zu haben glaubte, und die der Uebertragung jener Anschauungen von Thieren auf Pflanzen allerdings ungünstig schienen. Es ist namentlich die eigenthümliche Befruchtungstheorie Schleidens, welche der Parallelisirung thierischer und pflanzlicher Verhältnisse entgegentrat. Nach Schleiden ist es das Pollenkorn, der bisher für das männliche Organ gehaltene Theil, aus welchem der Embryo des Samens entsteht. Gleich einer Spore oder einer andern einzelnen Fortpflanzungszelle ist der Pollenschlauch die entwicklungsfähige, und einer Befruchtung im Sinne der thierischen Zeugung unbedürftige Grundlage der spä-

tern neuen Pflanze. Aber seine Lebensfähigkeit ist nicht von der Art, dass er unmittelbar den äussern Einflüssen ausgesetzt, sich zu einem neuen Organismus entwickeln könnte; er bedarf es vielmehr, zuerst in eine bestimmt angeordnete organische Umgebung aufgenommen zu werden, die ihm die zu den ersten Schritten seiner Bildung nothwendigen Bedingungen gesetzlich und abgemessen gewähre. So begibt sich denn diese keimfähige Grundlage der Pflanze in jene für weiblich gehaltenen Organe des Fruchtknotens, um hier wie an einer Brutstelle, so lange gepflegt zu werden, bis sie die nöthige Masse und Festigkeit innerer Verhältnisse gewonnen hat, um in unmittelbarer Wechselwirkung mit der Aussenwelt sich weiter zu entfalten. Nach dieser Auffassung fehlt der organischen Zeugung jene Begegnung zweier differenter Keimstoffe, welche in der Thierwelt als Ei und Same den Begriff der Sexualität überhaupt und die Unterscheidung beider Geschlechter begründen. Sollte der Begriff des Geschlechts in etwas ausgedehnterem Sinne dennoch auf das Pflanzenreich übergetragen werden, so würde es ebenso möglich sein, die Anthere als Bildungsorgan des Keims für das weibliche, den Fruchtknoten als den Theil, dessen Wirksamkeit die Entwicklungsfähigkeit des Keimes erweckt oder wenigstens fördert, für das männliche Organ der Pflanze zu erklären.

513. Ich habe kein Urtheil darüber, ob die gewöhnliche Ansicht oder die entgegengesetzte Schleidens in den Thatsachen, die sie zu Grunde legen, Recht behalten werde. Es scheint als wenn gegenwärtig die Botaniker im Allgemeinen von der Irrigkeit der Schleidenschen Theorie überzeugt wären, obgleich sie dem Scharfsinn dieses ausgezeichneten Naturforschers für eine Menge von Entdeckungen, die von ihm auf dem Wege zu diesem irrigen Ziele gemacht wurden, vielfach verpflichtet bleiben. Sobald entschieden sein wird, ob die erste Anlage des Embryo von einem abgeschnürten Theile des Pollenschlauchs oder von einer Bildung im Innern jener Fortpflanzungszelle ausgeht, auf welche der Pollen nur anregend einwirkt, wird diese Frage abgethan sein; jene logischen und methodologischen Betrachtungen dagegen, die von Schleiden besonders bei Veranlassung dieses Gegenstands gemacht worden sind, werden, wie sie schon jetzt gethan haben, weiter auch auf die Untersuchung anderer Fragen

nachwirken. Diesen Betrachtungen und namentlich dem Misstrauen gegen alle Analogien zwischen Thier- und Pflanzenleben vermögen wir nun nicht durchaus beizustimmen. Es versteht sich von selbst, dass das erste Erforderniss jeder Untersuchung Unbefangenheit überhaupt ist, die für Aehnlichkeiten und Unterschiede der verglichenen Objecte gleichen Sinn hat, und nicht Analogien da sucht, wo zu ihrer Voraussetzung kein Grund in der Gleichartigkeit wesentlicher Verhältnisse jener Objecte liegt. Zwischen Pflanzen und Thieren finden allerdings durchgreifende Unterschiede statt, die wir früher erwähnt haben; nichts destoweniger werden wir es für äusserst wahrscheinlich halten, dass die Einrichtungen des Lebens gerade in jenen Gebieten, die von diesen Unterschieden nicht berührt werden, nach einer *analogen* Formel in beiden Reichen gebildet sind. Das Geschäft der Fortpflanzung ist eine Aufgabe, zu der sich die Pflanzen nur insofern im Allgemeinen anders als die Thiere verhalten, als ihnen auch bei sehr vollkommner Organisation eine unmittelbare Vermehrung durch Fortwachsen getrennter Seitenzweige möglich ist, ein Process, der den Thieren um der wesentlichen Verschiedenheit ihres Körperbaues willen in höheren Klassen untersagt bleibt. Soll jedoch einmal von dieser Abtrennung eines schon organisirten grösseren Massenaggregats nicht Gebrauch gemacht, soll vielmehr ähnlich wie in den Thieren die Fortpflanzung durch einzelne entwicklungsfähige Zellen vollzogen werden, so scheinen sich in der Organisation der Thiere und Pflanzen in Bezug auf diese Aufgabe keine so verschiedenen Bedingungen vorzufinden, dass wir nicht voraussetzen dürften, das Leben werde für so völlig analoge Zwecke auch eine analoge Zusammenstellung der Mittel benutzen.

514. Ich kann daher das Bestreben, die sexualen Verhältnisse der beiden Reiche zu parallelisiren, nicht für eine grundlose abergläubische Richtung der Phantasie ansehn; man sucht nicht Analogien nur überhaupt, um der Aehnlichkeit willen, sondern weil man wegen Gleichheit der Zwecke eine Gleichheit der Mittel zu erwarten, in der allgemeinen Gleichförmigkeit der Verfahrungsweisen der Natur einen Grund sieht, während in den Verschiedenheiten der beiden Reiche ein Grund zu bestimmter Erwartung anderer Verhältnisse nicht zu finden ist. Es versteht

sich übrigens von selbst, dass diese methodologisch richtige Vermuthung analoger Einrichtungen bescheiden genug auftreten muss; wir übersehen weder hier noch in vielen andern Fällen den Thatbestand weit genug, um sicher zu sein, dass nicht verborgen gebliebene Momente dennoch eine nothwendige Verschiedenheit derselben bedingen. Aber diese Ueberlegung kann doch unserer Erwartung methodologisch keine andre Richtung geben, sie kann uns nur veranlassen, nicht oberflächliche Aehnlichkeiten als entscheidende Bestätigungen derselben zu betrachten. Schon das, was über die Befruchtung der Blüthen seit langer Zeit bekannt war, enthielt nun etwas mehr als oberflächliche Aehnlichkeiten der Functionen in beiden Reichen. Die Ausbildung des Pollen, seine Berührung mit dem Keimstoffe des Fruchtknotens, häufig durch eigenthümliche fast den animalischen ähnliche Bewegungen vermittelt, könnten als unbedeutende zufällige Aehnlichkeiten mit thierischen Vorgängen nur dann gedeutet werden, wenn sie dafür als gewöhnliche Glieder der vegetabilischen Lebens- und Bildungsprocesse sich betrachten liessen, und nicht innerhalb der Reihe derselben eine auffallende und eigenthümliche Stellung einnehmen. Dies letzte aber thun sie; diese Wechselwirkung räumlich getrennter ausgebildeter Organe, die oft durch Bewegung, welche vom Wachsthum noch verschieden ist, einander genähert werden, hat in der übrigen Vegetation der Pflanze gar nicht ihres Gleichen, während sie in dem Typus der thierischen Generation ihre vollkommenste Analogie findet. Unter solchen Umständen hätte jede Beobachtung, welche im weiteren Verfolg dieser Processe alle Analogie wieder zu Grunde gehn lässt, vielmehr um der wohl motivirten Erwartung des Gegentheils willen für verdächtig und räthselhaft gelten sollen, nicht aber durfte man die Vermuthung einer durchgehenden Aehnlichkeit thierischer und pflanzlicher Generationsweise als eine unlogische Phantasie verwerfen. Wir kehren daher zu der gewohnten und hergebrachten Auffassung zurück, und indem wir es nicht für einen Zuwachs der Gründlichkeit, sondern nur für einen wachsenden Mangel an Uebersichtlichkeit halten können, diese das ganze Gebiet des Lebendigen durchdringenden Analogien zu vernachlässigen, werfen wir noch einen Blick auf die

Reihenfolge der Processe, die bei der Erzeugung der Thiere und Pflanzen stattfinden.

515. In äusserst vielfachen Formen, deren Aufzählung der Botanik überlassen bleibt, gestaltet sich in der Blüthe das Ende ihrer Axe zu einem flächenförmigen oder becherartig vertieften Organe um, dem Ovarium oder Fruchthälter, zur Erzeugung der Fortpflanzungszellen bestimmt. An der Innenfläche dieses Organs auf mannigfaltige Weise befestigt erheben sich in ebenso mannigfachen doch für jede Gattung bestimmten Anzahlen die Eier, ovula, als parenchymatöse warzenförmige Auswüchse, aus dem Eikern, nucleus ovuli und meist noch äusseren zelligen Hüllen zusammengesetzt, die über dem centralen Kern sich nicht ganz schliessen, sondern als Zugang zu ihm einen feinen Kanal, die Mikropyle des Eies offen lassen. Auch das *ovarium*, die gemeinsame Hülle einer bestimmten oft ausserordentlich grossen Anzahl dieser Eier ist nach oben meist nicht völlig geschlossen, sondern seine Höhlung setzt sich als enger Kanal durch die Substanz des Griffels, pistillum, fort, um an der Spitze desselben in der Narbe, dem stigma, nach aussen zu münden. In dem Eikern vergrössert sich gegen die Zeit der Befruchtung eine Zelle vor den übrigen, und bildet, indem sie das Parenchym des Eikerns verdrängt, an die Mikropyle grenzend, selbst in sie hineinragend, den Embryosack, welchen die befruchtende Kraft des Pollen aufsucht.

516. Dieser, in den geschlossenen Fächern der Antheren erzeugt, wird durch das Aufspringen derselben zur Zeit seiner Reife befreit, und seine Körner, einfache rundliche oder elliptische Zellen, aus einer weichen elastischen Cellulosemembran gebildet, gefüllt mit zähflüssigem Plasma, dessen Körnchen lebhafte Molecularbewegungen zeigen, überzogen endlich von einer festeren, ölreichen Aussenmembran, berühren, auf mannigfaltige Weise dem Pistill genähert, die Narbe desselben. Sie saugen hier eine schleimige Flüssigkeit auf, welche das Zellgewebe des Griffelkanals zur Zeit der Befruchtungsreife aussondert und wachsen, indem ihre innere Haut die äussere Membran durchbricht, zu einem langgedehnten Schlauche aus, der mit verschiedener Geschwindigkeit an seiner Spitze fortwachsend zuletzt das Ovarium erreicht. Hier kriechen diese Pollenröhren in einem meist geschlängelten

Verlauf zwischen den Eiern durch und dringen zuletzt einzeln oder mehrere zusammen in den Mikropylekanal der Eier ein, in welchem sie den Embryosack entweder unmittelbar erreichen, oder indem sie sich durch noch überliegende Zellen hindurchdrängen. Sie durchbrechen in sehr seltenen Fällen die Membran des Embryosackes, legen aber gewöhnlich sich nur an seine Oberfläche an, und üben auf seinen Inhalt nur durch Transsudation ihrer Flüssigkeit einen befruchtenden Einfluss aus; ihr Wachsthum erlischt und die abgestorbene Pollenröhre verschwindet früher oder später durch Resorption. In dem Embryosacke haben sich noch vor dem Anlangen der Pollenröhre in dem nach der Mikropyle zugewendeten Ende meist drei besondere Zellen, die Keimbläschen, entwickelt, von denen später jedoch eine, ausschliesslich anwachsend, die übrigen verdrängt. Dieses Keimbläschen verwandelt sich nun durch nach verschiedenen Richtungen wachsende Scheidewände in einen zelligen Körper, den Vorkeim, dessen der Mikropyle zugewandter Theil sich fadenartig verschmälert zu einem Aufhängeorgan oder Träger des entgegengesetzten der Mikropyle abgewandten umgestaltet, aus welchem der Embryo sich entwickelt. Die letzten Endzellen dieses Theiles nämlich bilden sich zur Endknospe, der plumula aus, während etwas vor dem Ende die Cotyledonen hervorsprossen, das Würzelchen, anfänglich mit dem Träger verschmolzen, im Verlaufe der Bildung sich allmählich von ihm sondert. Der so entstandene Embryo bildet nun im Verein mit andern öl-, amylum- und eiweisshaltigen Zellen, und eingeschlossen in verschiedene Hüllen, welche das Parenchym des Eikerns liefert, den lebensfähigen Samen, der der Einwirkung äusserer günstiger Bedingungen zur Entwicklung überliefert wird. (Mohl, Wagners HWBch. IV, 280 ff.).

517. In den Thieren mit geschlechtlicher Zeugung bildet in übrigens vielgestaltigen Formen, deren Uebersicht der Zoologie anheim fällt, das Ovarium des weiblichen Thieres ein mehr oder minder dichtes aus Zellgewebe bestehendes Lager, in welches die Eichen eingebettet sind. Netze von Blutgefässen umgeben die Stellen des Parenchyms, an welchen sie liegen und setzen sich in ihre äussere Hülle fort. Ein grösserer organischer Zusammenhang als der durch Blutgefässe und Nerven ist weder

zwischen dem ovulum und dem ovarium noch zwischen diesem und dem übrigen Körper aufzufinden; die Erzeugung des Eies und seiner Fähigkeit zur Fortpflanzung derselben Lebensform auf wachsende Massen ist daher nur durch eine von nervösen Einwirkungen vielleicht geleitete Absonderung bildungsfähiger Bestandtheile aus dem Blute des mütterlichen Körpers zu erklären. Der nähere Hergang dieser Absonderung, so wie die Stufenfolge, in welcher sich die einzelnen Theile des Eies bilden, ist bis jetzt fast völlig unbekannt. Eine äussere structur- und gefässlose Haut, das chorion, häufig noch mit einem aus umgebendem Zellgewebe des ovarium und Blutgefässen gebildeten Blatte verwachsen, umschliesst das Ganze und zwar zunächst die Dotterkugel. Diese, nicht allgemein noch von einer besondern zarten Membran, der Dotterhaut, begrenzt, enthält ein anfänglich durchsichtiges farbloses Plasma, aus welchem sich bald dunklere, körnige Elemente und später grössere Zellen zwischen feinen Oeltröpfchen und einem zurückgebliebenen Reste der früheren farblosen Flüssigkeit entwickeln. In der Mitte dieser Dotterkugel, die bei den Wirbelthieren meist graugelbliche oder weisslichgraue, bei wirbellosen nicht selten auffallendere grüne, violette, rothe und blaue Färbung zeigt, ist das vollkommen sphärische durchsichtige Keimbläschen, vesicula germinativa, eingesenkt, das ausser einer ganz farblosen Flüssigkeit einen oder mehrere dunkle Körperchen enthält, die als Kerne in Form von opaken Flecken durchschimmern und mit dem Namen des Keimflecks, macula germinativa, bezeichnet werden. Später entfernt sich das Keimbläschen aus der Mitte des Dotters, die jetzt mit einer helleren Masse, als die übrige Kugel, ausgefüllt erscheint, und steigt durch einen mit jener zusammenhängenden Kanal nach der Oberfläche der Kugel, wo es nun in eine kreisförmige, heller gefärbte Schicht des Dotters, die Keimschicht, stratum proligerum, eingebettet liegt.

518. Zur Befruchtung dieses bildungsfähigen Eies wird von dem männlichen Organismus in Organen, deren Form durch die Thierreihe hindurch äusserst mannigfaltig ist, das Sperma abgesondert, unter dessen Bestandtheilen namentlich die Samenfäden oder Spermatozoen durch die merkwürdige Constanz ihres Vorkommens in den verschiedensten Thierklassen auffallen.

In einer verhältnissmässig geringen Menge von Flüssigkeit, deren chemische Analyse nichts Bemerkenswerthes bietet, sind sie als mikroskopische Gebilde in grosser Menge sichtbar, von verschiedenen für jede Gattung und Art der Thiere constanten Gestalten; feine haarförmige Fäden bei den meisten Insecten, korkzieherartig gewundene, in ein langes Schwanzende allmählich übergehende Gebilde bei den Singvögeln, deutlicher in einen ovalen, birnförmigen Körper und einen fadenartigen Schwanz abgetheilt bei Säugethieren, Vögeln, Amphibien; übrigens ohne Spuren einer innern Organisation. In dem natürlich entleerten oder der Leiche entnommenen Sperma befinden sich die Samenfäden in einer höchst mannigfachen, bei verschiedenen Thierklassen verschiedene Zeit nach der Entleerung oder dem Tode fortdauernden Unruhe, die von der gewöhnlichen Molecularbewegung feinster Theilchen in einem flüssigen Medium augenscheinlich verschieden ist. Einzelne Zuckungen, Drehungen um die Längenaxe, pendelartige Schwingungen oder ruderartiges Schlagen des Schwanzes wechseln regellos ab und gewähren sehr täuschend das Bild einer willkührlichen Bewegung, mit der die Samenfäden sich durcheinander wühlen oder in regellosen Bahnen über das Gesichtsfeld kriechen. Erzeugt aus Zellen des Epitelium der Hodenkanäle, in denen sie bei einigen Thieren bündelweise, bei anderen einzeln entstehen, werden sie durch den Begattungsact dem weiblichen Eie zugeführt, und obgleich nicht allgemein, so ist doch in einzelnen beweisenden Fällen ihr Uebergang in die innern weiblichen Genitalien bis zu dem ovarium nachgewiesen, während ein Eindringen derselben in die Dotterkugel selbst bei niederen Thieren nie hat beobachtet werden können. An die Begegnung mit dem samenfadenhaltigen Sperma, mag sie nun vor oder nach dem Austritt der Eier aus dem ovarium gesetzlich erfolgen, ist die Entwicklungfähigkeit der letztern gebunden; doch sind die ersten Vorgänge, welche sie in ihnen hervorruft, sehr wenig gekannt. Das Keimbläschen verschwindet nach der Befruchtung; doch ist es ungewiss, ob durch Berstung, ob durch Entwicklung neuer Gebilde in ihm oder in seiner Umgebung, welche es für die fernere Beobachtung unkenntlich machen. Es beginnt hierauf jene Reihe von Gestaltungsprocessen, deren allgemeiner Character früher geschildert worden ist.

519. Diese Mangelhaftigkeit unserer empirischen Kenntnisse lässt manche Frage ungelöst, zu der namentlich die auffallenden Erscheinungen der Samenfäden Veranlassung gegeben haben. Es lag der ersten Anschauung nahe, sie für selbständige Thiere anzusehn und bald kam man auch auf den Gedanken, sie als den ersten Keim des künftigen Organismus selbst zu betrachten, der in dem Eie nur die günstigen Bedingungen für seine Entwicklung aufsuche. Die erste Vermuthung erzeugte den Namen der Spermatozoen; sie ist bis jetzt nicht bestimmt widerlegbar; aber die Beobachtung der Molecularbewegungen entschieden unlebendiger Körper, ein Phänomen, dessen bestimmte Gründe wir ebenso wenig anzugeben wissen, hat uns bereits daran gewöhnt, auch sehr auffallende und unregelmässige Formen der Bewegung nicht für entscheidende Merkmale lebendiger Willkühr anzusehn. Alle solche Erscheinungen sind allerdings sehr räthselhaft, sobald man von der Vorstellung ausgeht, dass sich in ihnen eine gleichbleibende Masse bewege, die hierzu freilich nur entweder in einem psychischen inneren Impulse oder in der Mittheilung äusserer Bewegungen Grund finden könnte. Da die letztere nicht zu entdecken war, hielt man sich an den ersten. Aber es können in kleinen Massenaggregaten, sobald namentlich ihre chemische Zusammensetzung unter den vorhandenen äussern Umständen sehr variabel ist, eine grosse Menge fortwährender innerer Schwankungen statt finden, die in einem nachgiebigen Medium alle, auch die seltsamsten äusseren Bewegungen des ganzen kleinen Systems herbeizuführen vermögen, und die Mannigfaltigkeit der dabei möglichen Erscheinungen ist um so weniger übersehbar, als auch die Flüssigkeit selbst mit den Anstössen, die sie durch jene Bewegungen erhält, auf diese kleinen Körper zurückwirken kann. Aus diesem Gesichtspunkte, dem man freilich eine bestimmte Erklärung des Hergangs noch nicht abgewinnen kann, hat man in neuerer Zeit die Spermatozoen unter dem einfacheren Namen der Samenfäden betrachtet und sie freigewordenen schwimmenden Flimmerzellen verglichen, mit denen sie in der That eine grosse Aehnlichkeit besitzen würden.

520. Ihr Nutzen freilich für die Befruchtung ist hiermit noch nicht nachgewiesen. Dass sie in der That den Embryo selbst, oder doch wenigstens die Grundlage des Nervensystems

und vielleicht der animalen Organe bilden sollten, ist im höchsten Grade unwahrscheinlich, sowohl wegen der unglaublichen Menge, in der sie auch bei Thieren von geringerer Zahl der gleichzeitig befruchteten Eier vorkommen, als deswegen, weil es zwar gelungen ist, abgestorbene Samenfäden an der äussern Seite des Dotters, nie aber, sie lebend oder auch nur mit Beibehaltung ihrer Form innerhalb der Keimscheibe aufzufinden. Von den flüssigen Bestandtheilen des Sperma lässt sich ein endosmotisches Eindringen in das Ei erwarten; ob auch die Samenfäden einen Inhalt besitzen, den sie analog den Pollenröhren mit der Flüssigkeit des Keimbläschens zur Wechselwirkung bringen, steht dahin; die Wege wenigstens, auf denen es geschehen konnte, sind uns bis jetzt unbekannt. Valentin schreibt der Samenflüssigkeit die Eigenschaft zu, sich in anhaltender Ruhe zu zersetzen und für ihre Unversehrtheit eine fortwährende Erschütterung nothig zu haben. Die Regsamkeit der Samenfaden sei auf diese Weise ein wesentliches Bedingungsglied für die Wirksamkeit des Sperma. Gerade umgekehrt vermuthet Bischoff in dem Samen eine beständige innere Unruhe, die er den Moleculen des Eies mitzutheilen und dadurch ihre Entwicklung zu erwecken bestimmt ist. Die Bewegungen der Samenfaden, von derselben inneren Unruhe hervorgerufen, würden uns dann als eine Art anschaulicher Index dessen dienen können, was die Mittheilung dieser inneren Bewegungszustände der Flüssigkeit auf andere Massen zu leisten vermag. Die geringe Menge des Samens, der zur Befruchtung nöthig ist, würde uns allerdings wohl in jedem Falle die Annahme, dass es durch sie auf Ueberführung einer Masse in das Ei abgesehn sei, unwahrscheinlich, die andere wahrscheinlicher machen, dass nach Art der freilich gleich unerklärten Contact- und Fermentwirkungen die Mittheilung eines Bewegungszustandes vom Sperma auf das Ei beabsichtigt werde. Eine letzte Meinung endlich ist es, dass die Samenfäden durch ihre Bewegungen das Sperma zu den Eiern hinzutreiben bestimmt sind. Es würde nicht unmöglich sein, diese Annahme mit der Ansicht Bischoffs zu vereinigen, doch würde auch dies nicht alle Dunkelheiten in der Erscheinung dieser Körperchen aufklären, die übrigens auch im Pflanzenreich eine Analogie an gewissen Faden in den Antheridien von Kryptogamen finden, deren we-

niger mannigfache Bewegung jedoch von zwei schwingenden Cilien an ihrem dünneren Ende ausgeht.

521. So unvollkommen unsere Kenntnisse über die erste Erzeugung der Organismen noch immer sind, so sind sie doch hinreichend gewesen, um einigen allgemeineren Zweifeln über die Natur der Fortpflanzung ihr Interesse zu nehmen, und sie wenigstens zurückzudrängen, obgleich Thatsachen, deren wir im folgenden Kapitel gedenken werden, noch immer unerklärt bestehen, die zu jenen Reflexionen zurückführen können. Abgesehen von diesen bestimmten Thatsachen hat es gegenwärtig kaum noch ein historisches Interesse, zu diesen unerquicklichen Streitfragen zurückzukehren, ob eine Präexistenz der organischen Wesen und nur fernere Entwicklung in der Zeugung, *oder ob* eine wahre Zeugung, eine Postformation derselben *anzunehmen* sei. Es ist klar, dass eine Präexistenz nur dann der Rede werth ist, wenn der Organismus in allen seinen Beziehungen, in seiner Form sowie in seiner Mischung soweit gebildet vorhanden ist, dass seine ganze spätere Entwicklung nur durch Wachsthum und durch die Verschiebungen seiner Gestaltbildung ausgeführt zu werden braucht, die durch die wachsende Masse von selbst, wegen der gegebenen Verbindung der Theile, an die sie sich ansetzt, hervorgebracht werden müssen. Wer in dem Ei oder in dem Samenthierchen diese vollständige Körperanlage sieht, die von jeder andern äussern Einwirkung nur noch einen in Bewegung setzenden Anstoss erwartet, behauptet als Ovist oder Spermatiker eine wahre Präexistenz in dem Sinne, in dem überhaupt ein Organismus vor seiner völligen Ausbildung vorhanden gedacht werden kann. Wer dagegen etwa den Embryo der Materie nach in dem einen, der Form nach in dem andern jener Elemente begründet sein lässt, für den hat der Name der Präexistenz keinen Sinn mehr; denn auf diese Weise, so dass die eine Bedingung hier, die andere dort liegt, präexistirt alles im Weltlauf. So wichtig es daher sein mag, dass die Bedingungen für die erste Entstehung des Organismus sich vollständig im mütterlichen und väterlichen Körper zusammengenommen, also innerhalb eines dem Typus seiner Gattung schon unterworfenen Massensystems finden, während die Bedingungen des spätern Lebens und Wachsthums grossentheils in der unorganischen Welt

liegen, so ist doch in mechanischem Sinne, sobald wir jene Meinung theilen, nur eine Postformation annehmbar. Wer jedoch überlegt, dass im Ganzen der Natur auch keine neue Schöpfung entsteht, ohne in fortwährender causaler Continuität mit den früheren Bildungen zu stehen, der wird leicht bemerken, dass mit so allgemeinen, so dehnbaren Begriffen, wie Neubildung und Vordasein, gar Nichts zu gewinnen ist, und dass nur die lediglich durch den Fortschritt der Beobachtungskunst entscheidbare Frage von Interesse ist, wie viel von dem ganzen späteren Organismus bereits zusammengefügt präexistire, und wie viel Anderes durch die Befruchtung zu den Massen des Keims hinzugefügt, oder in ihren gegenseitigen Beziehungen geändert werde, wie viel endlich von der Summe seiner Entwicklungsfähigkeit auf jenen früher gebildeten Antheil, und wie viel dagegen auf den befruchtenden Anstoss zu rechnen sei, den dieser in der Zeugung erhält. (Vergl. die Darstellung der Zeugungstheorien bei Burdach, Physiol. 2. Aufl. I. S. 595 ff.).

522. Sind unsere Vorstellungen über den Hergang der Zeugung richtig, so müssen wir allerdings dem Producte des weiblichen Körpers, dem Eie, insofern einen grösseren Antheil an der Bildung des Embryo zuschreiben, als von ihm die entwicklungsfähigen Massen herrühren, aus welchen jener entsteht. Als analog den weiblichen Organen müssen wir daher auch die Apparate betrachten, aus welchen in der einsamen ungeschlechtlichen Zeugung die Fortpflanzungselemente hervorgehen. Mit der steigenden Ausbildung der Organisation erscheint die Befruchtung als ein nothwendiger werdender neuer Impuls, der die Bildungsfähigkeit des weiblichen Keims theils zu unterhalten, theils in bestimmter Richtung zu lenken die Aufgabe hat. Einige Schritte der Entwicklung geschehen daher noch vor dem Eintreten der Befruchtung. Die Bildungsgeschichte der höheren Kryptogamen bietet in dieser Hinsicht sehr merkwürdige Verhältnisse dar. Bei den Farnen und Equisetaceen entwickelt sich aus der Keimspore ohne Befruchtung ein zellig fadiges Gebilde, der Proembryo, der nun erst Eier und Antheridien erzeugt, aus deren Wechselwirkung die neue Pflanze entspringt. Bei den Moosen entsteht aus der Spore ohne Befruchtung gleichfalls der Proembryo, aber aus ihm noch weiter der beblätterte Stamm; die nachfolgende

Befruchtung bewirkt dagegen nur die Entwicklung des die Sporen erzeugenden Theiles der Pflanze. (Mohl Wagners HWBch. IV. S. 278 ff.). In den höhern Organisationen ist die Wechselwirkung zwischen Ei und Sperma bestimmter auf die Anfangszeit aller Bildung beschränkt, bald so, dass das bereits vom mütterlichen Körper abgelöste Ei nun erst der Befruchtung unterliegt, bald so, dass es befruchtet sofort aus ihm entfernt und den äussern Bedingungen zur Entwicklung übergeben wird; bald endlich wird es längere oder kürzere Zeit in dem mütterlichen Körper zurückgehalten, durch seine Säfte ernährt und tritt erst in ausgebildeterer Gestalt aus seinem Zusammenhang mit dieser Entwicklungsstätte heraus; Verhältnisse, deren merkwürdige Mannigfaltigkeit wir jedoch der Zoologie zu beschreiben überlassen müssen.

523. In der Thierreihe ist die geschlechtliche Zeugung in einer viel grösseren Ausdehnung als die geschlechtslose verbreitet. Die letztere beschränkt sich auf die Klassen der Infusorien, Polypen, Akalephen, Tunicaten und Würmer, und auch in diesen ist sie nicht durchgängig die allein herrschende Fortpflanzungsform; die geschlechtliche Zeugung dagegen ist allen höheren Organisationen, dem ganzen Reiche der Wirbelthiere die einzig mögliche Weise der Vermehrung. Die Dunkelheit, die noch über der Klassification der niedersten Thierklassen schwebt, und wahrscheinlich noch immer verschiedene Entwicklungszustände derselben Thiergattung als eigene verschiedene Gattungen betrachten lässt, macht die Vermuthung möglich, dass jede völlig zum Abschluss ihrer Entwicklung gekommene Thierart sich durch wahre Generation vermehre, während die ungeschlechtliche Multiplication ein Phänomen der Fortbildung sein würde, das nur den noch nicht völlig ausgebildeten Perioden dieser Gattungen von langer und mannigfacher Entwicklung zukomme. Indem wir im folgenden Abschnitt auf die hiermit zusammenhängenden Phänomene des Generationswechsels zurückzukommen uns vorbehalten, können wir doch die Nothwendigkeit oder Dringlichkeit einer solchen Vermuthung nicht finden. Der Satz, dass alles Lebendige aus dem Ei entspringe und dieses einer vorgängigen Befruchtung bedürfe, die grössere Würde ferner, die man der geschlechtlichen Zeugung im Gegensatz zur ungeschlechtlichen allerdings stets beigelegt hat, scheinen uns nicht auf Gründen zu beruhen, die der

Erfahrung zuvorgreifend, jene Richtung unserer Vermuthungen rechtfertigen könnten. An die Geschlechtsverhältnisse knüpft sich allerdings in dem Thierleben und in seinen höchsten Erscheinungen am intensivsten, ein grosser Theil alles geistigen Interesses und alles Lebensgehaltes an; physiologisch dagegen kann doch der Gegensatz der Geschlechter und ihr Zusammenwirken zur Fortpflanzung nicht als ein an sich bedeutsamer Typus des Lebens, sondern nur als eine mechanische Veranstaltung angesehen werden, die auftritt, wo sie nothwendig ist, nicht aber auch da noch auftreten muss, wo die Verhältnisse einfach genug sind, um sie entbehrlich zu machen. Wir müssen es daher zwar geduldig dem Fortschritt der Erfahrung überlassen, ob sie durch neue Gesichtspunkte, die sie über das noch so wenig bekannte Leben der niedern Thiere gewinnt, die Allgemeinheit der geschlechtlichen Fortpflanzung nachweist, aber wir würden unter dem Einflusse eines unbegründeten Vorurtheils arbeiten, wenn wir dieser Annahme, als einer a priori besser begründeten zu Liebe irgend eine ausgeführte Deutung von Thatsachen versuchten, die sich ihr nicht ungesucht mit völliger Evidenz fügten. Die ähnliche Verschiedenheit der Vermehrung im Pflanzenreich, die sich nicht durch eine gleiche Vermuthung über die Identität für verschieden gehaltener Arten beseitigen lässt, wird uns immer für Analogie genug gelten, um auch dem Thierreich jene beiden verschiedenen Arten der Fortpflanzung zuzuschreiben.

524. Viel entschiedenere Ungunst erfährt jetzt unter den Physiologen die Hypothese einer generatio aequivoca, einer Entstehung der Organismen nicht aus gleichartigen andern, sondern aus Elementen, die ausserhalb ihres Gattungszusammenhanges gebildet worden sind. Bei einem Blick auf den Inhalt der Erfahrung kann diese Vermuthung, wenn sie etwas gegenwärtig noch Geschehendes betreffen soll, natürlich nur in grosser Einschränkung in Frage kommen. Man könnte sich vorstellen, dass die niedersten Pflanzen, deren Masse ja eben durch Verknüpfung unorganischer Elemente der Luft und der Bodensäfte erzeugt wird, und deren Fortpflanzungskeim nur eine organisirbare Flüssigkeit, nicht einen Embryo enthält, dessen regelmässige Bildung die Mitwirkung eben so regelmässiger Bildungsorgane voraussetzen würde, diese einfachen Grundlagen ihrer Existenz wohl in einem

zufälligen Zusammentreffen der günstigen Bedingungen im allgemeinen Naturlaufe finden könnten. Man würde ebenso von den niedersten Thieren vermuthen dürfen, dass sie, dem allgemeinen Character der Thierwelt gemäss, zwar nicht in dem unorganischen Durcheinandertreiben der Stoffe, wohl aber in andern Pflanzen- und Thierkörpern die hinlänglichen Vorbedingungen ihrer Entstehung besässen. So würde die Bildung der Hefenzellen und die der einfachsten Infusorien an sich nicht zur Vermuthung vorhergegangener Keime auffordern. Für alle höheren Organisationen wird die generatio aequivoca gleich sehr wegen der vielfältigen Durchkreuzung der Verhältnisse, die sie zu ihrer Bildung voraussetzen, als wegen der wachsenden idealen Bedeutung ihres Lebens unwahrscheinlich, die uns nicht mehr *erlaubt*, ihre Entstehung eben so wie die jener niederen Wesen *dem zufälligen* Laufe der Naturwirkungen überlassen zu denken. Gehen wir von der geschlechtlichen Zeugung der Säugethiere, die den Embryo lange Zeit in dem mütterlichen Körper zurückhalten, um ihm durch Ernährung mit den assimilirtesten Stoffen, durch stets gleiche Temperatur und andere günstige Verhältnisse eine dem Begriffe der Gattung entsprechende Entwicklung zu sichern, durch die Klassen der eierlegenden Thiere bis hinab zu denen mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung, so erscheint die generatio aequivoca als ein ganz natürlicher Schlusspunkt dieser Reihe, deren absteigende Glieder ein immer abnehmendes Bedürfniss des Schutzes und sorgfältiger Ueberwachung der Entwicklung anzudeuten scheinen.

525. In der That fand die generatio aequivoca eine Hauptstütze in der früher verbreiteten Ansicht über die Einfachheit des Baues der niedersten Thiere; einen Haupteinwurf dagegen in Ehrenbergs bekannten Entdeckungen einer zusammengesetzten Organisation derselben. Seitdem jedoch gerade dieser Theil der unvergleichlichen Arbeiten des berühmten Naturforschers wieder zweifelhaft, die ursprünglich geglaubte Einfachheit und Structurlosigkeit der niedersten Thiere wieder glaublicher geworden ist, hat auch die Meinung von der Urzeugung wieder einiges Interesse gewonnen. Doch ist dies nicht von der Art, und nicht so durch Beobachtungen unterstützt, dass wir nöthig hätten, das Detail der hieher gehörigen Untersuchungen durchzugehen. Es genügt zu bemerken, dass noch immer keiner der angestellten

Versuche, in welchen die Erzeugung der Infusorien aus Aufgüssen thierischer oder pflanzlicher Substanzen wirklich erfolgte, die Möglichkeit eines früheren Vorhandenseins entwicklungsfähiger Infusorienkeime in der Luft, dem Wasser, an der Oberfläche der Geräthe oder im Innern der infundirten Substanz ausschliesst; aber auch umgekehrt ist es wenigstens zweifelhaft, ob nicht in den Fällen, in denen die Erzeugung der Infusorien nicht stattfand, die Vorsichtsmassregeln, die man zur Entfernung vorausgesetzter Keime anwandte, zugleich die Bedingungen aufhoben, die auch die Neubildung der Infusorien, wenn sie stattfinden sollte, nothwendig voraussetzen musste. Die Eingeweidewürmer, deren Fortpflanzungsweise früher räthselhaft war, bilden jetzt keine Stütze der generatio aequivoca mehr; und so sind wir genöthigt, diese Frage ebenfalls als eine nur durch die Fortschritte der Beobachtung zu beantwortende hier dahingestellt sein zu lassen. Denn auch die Erinnerung an die erste Entstehung alles Lebendigen auf Erden kann unsere Meinungen hierüber nicht bestimmen; da es sich nicht um das überhaupt Mögliche, sondern darum handelt, welche Fortpflanzungsweisen einer bestimmten Lebensform von Masse zu Masse die noch jetzt vorhandenen und fortwirkenden Bedingungen des Naturlaufs als einen Gegenstand möglicher Erfahrung uns noch übrig lassen.

§. 44.

Von der Erhaltung der Arten.

526. Bestände die Fortpflanzung des Lebens in der Mittheilung einer einfachen Bewegung, so würden wir eine Abirrung desselben von seinem bestimmten Typus zu befürchten wenig Grund haben. Aber nur in der Vermehrung durch Knospen, so wie sie bei zusammengesetzten Pflanzen vorkommt, setzt der neue Organismus die Lebensweise seines mütterlichen Stammes unmittelbar fort, indem er in allen wesentlichen Beziehungen ihm gleichgestaltet, dieselben Functionen vollzieht und dieselbe Fortbildung erfährt. In der Zeugung ist dagegen das neu entstandene Geschöpf sehr ungleichartig demjenigen Zustande der Entwicklung, in welchem die älterlichen Organismen sich befanden, als sie seine Entstehung bedingten. Das Leben des Keimes ist nicht eine unmittelbare Fortsetzung des Lebens der Eltern, sondern

Wiederholung einer Entwicklungsstufe, die diese längst überschritten haben. Eine solche Verkettung von Processen scheint grösseren Störungen ausgesetzt; nicht nur durch zufällige äussere Einflüsse, sondern auch dadurch, dass sie auf befruchtende Einwirkungen berechnet ist, die der Keim von einem ihm auswärtigen Stoffe erwartet, dessen adäquater Reiz vielleicht durch einen unadäquaten, aber nicht unwirksamen ersetzt, die Bildung in neue illegitime Bahnen hineindrängen könnte. Im Ganzen und Grossen freilich ist die Wechselwirkung eines Keimes mit einem nicht für ihn bestimmten befruchtenden Princip in der Thierreihe durch den Instinct, der nur Gleichartiges sich suchen lehrt, im Pflanzenreich durch die räumliche Zusammenordnung der für einander bestimmten unbeweglichen Theile verhütet. Dennoch *ist* im Einzelnen die Erzeugung neuer Zwischenformen *nicht ganz* ausgeschlossen, so wenig als die gegenseitige Berührung von Keimstoffen, die von sehr abweichenden älterlichen Organismen herstammen. Aber die Gefahr, dass das Leben sich in ungesetzliche Formen verliere, ist auf mehrfache Weise doch beseitigt.

527. Vollkommene Aehnlichkeit zweier erzeugender Organismen, so dass sie dem Begriffe ihrer Gattung in einer Strenge entsprächen, die jede Verschiedenheit individueller Ausbildung ausschlösse, ist bei einigermassen entwickelten Organisationen nie zu erwarten, und eben so wenig liegt sie im Plane der Natur. Wir sehen daher, dass diese individuellen Unterschiede die Fortpflanzung nicht beeinträchtigen; bald zu Grunde gehend, bald Mittelformen hervorrufend, bedingen sie vielmehr jene Mannigfaltigkeit der Individualitäten, deren Entfaltung gerade in den höchsten Formen des Lebens selbst einen der Zwecke der Gattung bildet. Zum Theil durch oft wiederholte Wechselwirkung sehr ähnlicher Organismen entstanden, zum Theil von unbekanntem Ursprunge zeigen sich einige beständiger bleibende Complexe eigenthümlicher Merkmale, welche ohne aus den Grenzen der allgemeinen Aehnlichkeit herauszutreten, doch eine Menge von Individuen zu einer V a r i e t ä t verknüpfen, deren Charakter sich durch die Zeugung der ihr Angehörigen unverändert mit fortpflanzt, in der Kreuzung mit Gliedern anderer Varietäten dagegen sich allmälich mit den entgegengesetzten Zügen dieser zu einer mannigfaltigen Reihe von fortpflanzungsfähigen Mittelformen ver-

schmilzt. Neben den Varietäten des menschlichen Geschlechtes selbst geben viele Hausthiere ein Beispiel dieses Verhaltens. Einer gleichen Verschmelzung sind noch die Merkmale fähig, welche die unterscheidenden Charactere verschiedener Arten bilden; aber die entstandenen Mittelformen besitzen nicht die Fortpflanzungsfähigkeit der Aeltern, sondern sind meist nur im Stande, durch Wechselwirkung unter sich noch eine unfruchtbare Generation zu erzeugen, und selbst dieses Vermögen fehlt vielen gänzlich. Verschiedenheit der Gattungen endlich bildet ein vollkommenes Hinderniss der Fortpflanzung, und Keimstoffe von generischer Verschiedenheit äussern keinerlei Wirkung auf einander, wenn künstliche Veranstaltungen oder Verirrungen des natürlichen Instinks sie zur gegenseitigen Berührung bringen.

528. Die Begriffe der Varietäten, Arten und Gattungen sind theils ohne Rücksicht auf diese Verhältnisse entstanden, theils werden sie in der Naturgeschichte ohne eine solche angewandt, da eine Prüfung der Fortpflanzungsfähigkeit nicht überall der Einordnung der Organismen unter sie vorangehen kann. Auch ist diese Anwendungsweise die natürliche. Denn das Vorhandensein oder der Mangel der Fortpflanzungskraft kann nicht wohl als der reale Grund der Zusammengehörigkeit oder Verschiedenheit einer Gruppe von Geschöpfen angesehen werden; beides ist vielmehr nur Consequenz analoger Verhältnisse oder unausgleichbarer Verschiedenheiten in dem wesentlichen Bildungstypus mehrerer Gruppen; und bietet daher für uns einen ziemlich entscheidenden Erkenntnissgrund, um auf solche Verhältnisse der Aehnlichkeit und Unähnlichkeit zurückzuschliessen, oder die Beziehungen zu bestätigen, die wir aus der Betrachtung des ganzen Aussehns oder der anatomischen und physiologischen Eigenthümlichkeiten jener Gruppen vorher abgeleitet haben. Nun lässt sich nicht verkennen, dass unter solchen Umständen die Anwendung jener Begriffe eine eigenthümliche Unsicherheit bekommt. Wir hören so oft einen bedeutenden Accent darauf legen, dass zwei Geschöpfe generisch, oder nur der Art nach verschieden sind; was ist nun der Werth und der Grad des Unterschiedes, der hierdurch ausgedrückt werden soll? Er besteht offenbar nicht in einem blossen Mehr oder Minder; sondern man setzt voraus, dass in den Formeln, welche die wesentlichen Gleichungen für die Lebenser-

scheinungen beider Geschöpfe bezeichnen, ein formeller oder qualitativer Unterschied vorhanden sei, oder dass wenigstens, wenn auch er auf gewisse Grössenbestimmungen sich zurückführen liesse, diese doch eben so entscheidende Wendepunkte bildeten, wie etwa in der allgemeinen Gleichung der Kegelschnitte gewisse Werthe zu geschlossenen, andere zu ungeschlossenen Curven führen. Aber es ist uns ganz unmöglich, eine solche Formel für irgend ein Geschöpf aufzustellen, oder eine nähere Vorstellung über die Art der specifischen Differenz zu fassen, die sie für zwei Gattungen der Geschöpfe zeigen müssten. Was wir daher durch die Namen der Gattungen und Arten eigentlich ausdrücken wollen, ist selbst nicht genau bestimmbar, und es erlangt eine sichere Bedeutung für uns allerdings *nur wieder* durch eine Art von Hypothese, durch welche wir *auf die Verhältnisse* der Fortpflanzung zurückkommen. In der That können wir das, was wir mit dem Namen der Species meinen, nicht anders als mit Decandolle ausdrücken; wir vereinigen unter ihm alle die Individuen, welche eine so grosse Aehnlichkeit unter einander zeigen, dass wir annehmen dürfen, sie hätten ursprünglich von einzelnen Wesen oder einem einzelnen Paar ihren Anfang genommen; verschieden der Art nach erscheinen uns dagegen solche Gruppen, deren Glieder zu unähnlich sind, als dass wir ihre Differenzen nur äusserlichen Umständen zutrauen dürften, die auf ihre ursprünglich der Abkunft nach gleiche Organisation umgestaltend eingewirkt hätten. Fassen wir dies also zusammen, so bringt uns zunächst der äussere Anblick der Geschöpfe, und der unanalysirte Totaleindruck, den sie in ihrer Vergleichung auf uns machen, zu der Vermuthung, dass sie unter einander in gewissen Abstufungen verwandt oder verschieden sind, die wir als Varietäten, Arten und Gattungen bezeichnen. Wir setzen dabei ferner voraus, dass die Unterschiede dieser Stufen nicht nur in Grössenverschiedenheiten gewisser Eigenschaften bestehen, sondern dass sie eine Art qualitativen Werthes für das Wesen der Unterschiedenen besitzen; wir sind jedoch nicht im Stande, das was wir eigentlich meinen, bestimmt anzugeben, und fühlen uns daher in unsern Eintheilungen der organischen Wesen nur durch die Beobachtung sicherer, dass die Natur selbst solche qualitative Grenzlinien zieht. Varietäten erscheinen uns jetzt characterisirt

durch unbegrenzte Fortpflanzungsfähigkeit in gekreuzter Richtung; Arten durch die beschränkte Zeugungskraft, die den Producten ihrer Kreuzung noch bleibt; Gattungen durch die völlige Unfähigkeit ihrer Glieder, mit denen einer andern überhaupt ein Product hervorzubringen.

529. Für die Anwendung dieser systematischen Begriffe käme es nun darauf an, äusserliche beobachtbare Merkmale zu finden, aus denen auf die Zusammengehörigkeit verschiedener Geschöpfe innerhalb einer Varietät oder Species so wie auf ihr Zerfallen in verschiedene Arten und Gattungen und damit auch auf die eigenthümlichen nicht leicht zu beobachtenden Verhältnisse ihrer Fortpflanzungsfähigkeit zurückgeschlossen werden könnte. Diese Aufgabe lässt jedoch wenig allgemeine Gesichtspunkte der Lösung zu. Pflanzen und Thiere unterscheiden sich in dieser Beziehung darin, dass die Verschiedenheiten des gesammten Habitus, die sich bei den ersten innerhalb gleicher Gattungen oder gleicher Species zeigen, meist weit grösser sind, als die zwischen den Thieren. Das zellige Parenchym der Pflanzen ist vieler Umgestaltungen an Masse und Vertheilung fähig, durch welche die Grösse, die Glätte oder Rauhigkeit der Oberfläche, die Farbe, ja selbst die Gestalt der Blätter und der Blüthen bis zum Unkenntlichen verändert werden kann. Nur in der Stellung der Blätter und der Blüthentheile, namentlich in der Bildung der sexualen Organe würde die genauere Vergleichung eine Gleichheit des gesetzlichen Planes entdecken, die trotz der Verschiedenheit des anschaulichen Habitus die Glieder einer Species verknüpft. Die Thierwelt zeigt so grosse Mannigfaltigkeit der Formen innerhalb einer Species, oder der Varietäten nur in dem Bereiche der gezähmten Thiere, die durch lange Cultur, theils durch künstliche Conservation zufällig entstandener Eigenthümlichkeiten, theils umgekehrt durch Kreuzung der verschiedenen Modificationen in eine grosse Menge von Spielarten zerfallen sind. Die Species der ungezähmten Thiere dagegen drücken die Identität ihres anatomischen Baues und ihrer physiologischen Functionen viel deutlicher auch in ihrer äussern Gestaltung aus. Dennoch bleiben auch hier Unterschiede genug, um das Bedürfniss einer Trennung unwesentlicher Merkmale von solchen fühlbar zu machen, die innerhalb derselben Species mit unwandelbarer Constanz sich

erhalten; und dies um so mehr, als häufig die Abweichungen zwischen den Gliedern einer Art für den äussern Anblick wenigstens viel auffallender sind, als die Unterschiede, die anderwärts zwischen mehreren Arten stattfinden.

530. Da wir voraussetzen müssen, dass die Natur überhaupt Vorsorge für die beständige Erhaltung ihrer typischen Formen getroffen hat, so wird mit Recht angenommen, dass in der Einrichtung der organischen Oekonomie und ganz besonders in der Fortpflanzungsweise selbst innerhalb gleicher Species und Gattung sich eine wesentliche Constanz zeige, während Grösse, Färbung und überhaupt die Eigenschaften, die nicht die Functionen, sondern den äusserlichen Habitus des Thiers oder der Pflanze bestimmen, bedeutende Verschiedenheit in den gleichen *Grenzen* vorkommen kann. Man verlangt daher für eine *Pflanzenspecies* gleiche Anzahl und Structur der Staubfäden, gleiche Bildung des Fruchtknotens, seiner Abtheilungen und der Samen, an welche Aehnlichkeiten sich die gleiche Weise und Zeit der Inflorescenz, die Vegetationsdauer und Aehnliches anschliesst. Für das Thierreich ist die Zeit der Brunst, die Dauer des Fötuslebens, die Anzahl der gleichzeitigen Jungen, die Dauer der Bebrütung, die Epoche der Geschlechtsreife und andere damit zusammenhängende Verhältnisse zu den beständigen Eigenschaften der Species zu rechnen, in Bezug auf welche die Varietäten nur sehr unwesentliche Verschiedenheiten darbieten. Eine Mehrheit von Arten, in denen alle diese Merkmale grösseren Schwankungen unterworfen sind, verknüpfen wir zu einer Gattung hauptsächlich nach anatomischen und allgemeineren physiologischen Rücksichten. Mit der eigenthümlichen Lebensweise, zu der z. B. einzelne Thiergattungen bestimmt sind, finden sich beständige und zweckmässig zusammengehörige Besonderheiten der Bildung verbunden; die Zahl und Stellung der Zähne, die Bildung der Klauen, der Hörner, der Flügel und anderer Theile, die Arten der Gelenkverbindung, selbst gewisse bedeutsame Grössenverhältnisse einzelner Theile setzen ein characteristisches Bild zusammen, welches die eine Gattung von der andern scheidet. Dennoch ist die Anwendung dieses Begriffs etwas schwankend und es bleibt dem feinen Gefühle des Beobachters häufig die Werthbestimmung von Kennzeichen überlassen, deren Wichtigkeit für die gesammte Or-

ganisation theoretisch noch nicht so abschätzbar ist, dass man die Weite des Unterschiedes, welchen sie zwischen zwei Geschöpfen begründen, genauer zu messen vermöchte. Ueber den Begriff der Gattungen hinaus hängen die weiteren systematischen Gruppirungen in Familien, Ordnungen, Klassen nicht mehr mit der Fortpflanzung zusammen, da schon generische Verschiedenheit jede Hervorbringung eines gemeinschaftlichen Products aufhebt. Dennoch sind diese allgemeineren Abtheilungen des organischen Reichs nicht ohne entsprechenden Werth, indem grosse Verschiedenheiten des Bildungstypus und der Lebensweise in ihnen immer deutlicher hervortreten. Gerade hier kann daher die Vergleichung auf diese wesentlichen und die ganze Organisation eines Thieres durchdringenden Unterschiede in dem Bildungsplane zurückgehn, während innerhalb der engern Grenzen einer Gattung oder einer Species die Abweichungen zu gering sind, um ohne Rücksicht auf die Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer fruchtbaren Kreuzung in ihrem bestimmten Werthe erkannt zu werden.

531. Im Freien kommen Bastardpflanzen, wenn überhaupt, sehr selten vor, künstliche Befruchtungsversuche haben jedoch die Möglichkeit ihrer Entstehung bewiesen. Die Erzeugnisse verschiedener Varietäten derselben Species sind fruchtbar, doch wenden ihre späteren Generationen sich häufig zur Gestalt der Mutter zurück oder erlöschen endlich doch wegen abnehmender Zeugungskraft ganz. Bastarde aus verschiedenen Species sind hauptsächlich dann unfruchtbar, wenn sie genau die Mitte zwischen den Eigenschaften beider innehalten, während sie fruchtbaren Samen geben, wenn sie einseitiger sich der einen von beiden Arten ähnlicher gestaltet haben. Es ist nicht bekannt, auf welchen bestimmteren physiologischen Eigenthümlichkeiten diese Verhältnisse beruhen, und eben so wenig sind alle Bedingungen bekannt, unter denen das Pfropfen einer Pflanze auf eine andere gelingt, eine Operation, die der künstlichen Bastardbildung in gewisser Hinsicht verglichen werden kann. Denn auch hier empfängt das Pfropfreis die nöthigen Elemente zwar nicht seiner ersten Bildung, aber seiner Ernährung durch die assimilirenden Organe einer andern, von der es zuweilen nicht nur als Species, sondern selbst generisch verschieden ist. Das Gelingen dieser

Versuche hängt zunächst allerdings von gewissen **einfachen** mechanischen Bedingungen ab, z. B. davon, dass das jüngste, bildungsfähigste Parenchym beider Pflanzen in unmittelbare Berührung gebracht wird; allein wenn es auch häufig möglich ist, verschiedene Arten einer Gattung, ja selbst Arten verschiedener nahe verwandter Gattungen auf einander zu pfropfen, so misslingt doch der Versuch anderseits stets bei manchen näher verwandten Pflanzen, so dass noch andere unbekannte Bedingungen zu vermuthen sind.

532. Bei den Thieren steht in ihrem freien Leben meistens eine unüberwindliche Abneigung der verschiedenen Species gegen einander der Bastardzeugung im Wege, und die meisten Fälle derselben kommen bei gefangenen oder bei gezähmten *Thieren* unter Zuthun des Menschen vor. Auch hier sind *die Abkömmlinge* verschiedener Varietäten gleicher Species fruchtbar, während die von verschiedenen Species, wie die Maulthiere vom Esel und Pferd, unter sich äusserst selten und wohl nie auf mehr als eine Generation fortpflanzungsfähig sind, und selbst durch Anpaarung des weiblichen Bastards mit einer der älterlichen Species nur höchst selten befruchtet werden. Der Begattung selbst können bei Thieren sehr verschiedene anatomische Hindernisse entgegenstehn, so dass aus ihrer Unmöglichkeit nicht sogleich auf die physiologische Unfähigkeit der beiderseitigen Keimstoffe zur fruchtbaren Wechselwirkung geschlossen werden kann. Dies erklärt zum Theil das Vorkommen von Bastardzeugungen zwischen Thieren von entfernterer Verwandtschaft, während sie zwischen solchen von näherer fehlt. Indem wir jedoch diese Details, deren Verwerthung durch die Zweifelhaftigkeit mancher Gattungs- und Artbegriffe schwierig wird, der Naturgeschichte überlassen, erwähnen wir nur das physiologisch wichtige Moment, auf welches die Unfähigkeit der gemischten Arten zur weitern Fortpflanzung zurückzuführen scheint. Während der übrige Körperbau vieler Bastardthiere von grosser Stärke und Ausbildung ist, erscheinen die Genitalien namentlich des männlichen Geschlechts nicht hinlänglich entwickelt, und obgleich der Geschlechtstrieb dieser Thiere häufig sehr lebhaft ist, so hat doch die mikroskopische Untersuchung allgemein den Mangel der Samenfäden im Sperma nachgewiesen, und ihre Begattung mit

weiblichen Thieren selbst der Stammspecies ist erfolglos. Die Ovarien und die in ihnen enthaltenen Eier der weiblichen Bastarde lassen keine ähnliche constante Unvollkommenheit erkennen; wenigstens hat man die Eier mit Keimbläschen versehen gefunden, so dass die Mangelhaftigkeit der Fortpflanzung, die auch bei ihnen, obgleich nicht eben so unbedingt, als bei männlichen Bastarden bemerkt wird, uns in ihren Ursachen noch nicht bekannt ist. (R. Wagner Physiol. 1845. S. 32).

533. Ueberblicken wir die Veranstaltungen, welche die Natur zur Fortpflanzung ihrer typischen Arten getroffen hat, so scheint es, als sei bei wachsender Vielseitigkeit der Organisation dafür Sorge getragen, dass der entstehende Keim um so länger entweder innerhalb eines mütterlichen Organismus verpflegt werde, oder wenigstens dem bedingenden Einfluss von Stoffen ausgesetzt sei, die ihm von jenem als erstes Material der Bildung mitgegeben werden. Der Eiweisskörper des Thiereies und der entsprechende Vorrath assimilirbarer Stoffe, der mit dem Embryo des Pflanzensamens in eine gemeinschaftliche Hülle eingeschlossen ist, noch viel mehr die langdauernde Ernährung des Fötus Lebendiggebärender durch das Blut der Mutter sind solche Einrichtungen, durch welche das Bildungsbestreben des Keims längere Zeit Einwirkungen unterworfen wird, die von dem Leben der Gattung hervorgebracht und von ihm durchdrungen sind. Erst dann, wenn nach Aufzehrung dieser Elemente der Keim eine gewisse Masse erlangt hat, und mit einem grösseren Momente sich in seiner Bildungsbahn weiter zu bewegen im Stande ist, wird er den äussern Einflüssen unmittelbar zur Wechselwirkung übergeben. In den Pflanzen scheint dieses Verhältniss in dem Unterschiede sichtbar zu werden, der zwischen der Fortpflanzung durch Knospen und der durch Samen stattfindet. Die Knospe oder ein Seitenzweig, den man pflanzt, ist ein nicht nur massenhafteres System, dessen bestimmte Bildungskraft störenden Einflüssen einen bedeutenderen Widerstand entgegensetzen kann, als die geringere Masse des Embryo im Samen, sondern es steht auch im Augenblick seiner Abtrennung unter dem vollen Einfluss der eben in dem Stamme der Pflanze vor sich gehenden physiologischen Processe, während der Same zwar auch durch diese gebildet ist, aber sie nicht als eine eben noch geschehende Be-

wegung, sondern nur als Disposition zu späteren Bewegungen in sich aufgenommen hat. Wenn daher der Same naturgemäss zur Fortpflanzung der wesentlichen und typischen Charactere der Art bestimmt ist, so erhalten sich dagegen überwiegend nur durch die Knospen auch die Eigenthümlichkeiten der Varietäten oder der einzelnen Individuen, von deren Stamme sie genommen sind. Jedoch ist weder die Fortpflanzung der zufälligen Besonderheiten durch die Knospen unbegrenzt, noch die durch den Samen auf die Ueberlieferung der wesentlichen Artmerkmale beschränkt, indem mannigfache äussere Bedingungen, deren wir noch zu erwähnen haben, auf beide mit einwirken.

534. Die Beständigkeit der Ueberlieferung beruht nämlich, wenn wir ein solches Bild brauchen dürfen, nicht nur *auf der* extensiven Grösse der Massen, denen ein gewisses *eigenthümliches* Bildungsbestreben mitgetheilt wird, sondern auch auf einer Intensität desselben, die der Zeit proportional ist, während welcher die Bedingungen, die es ursprünglich hervorriefen, auf das sich fortpflanzende Massensystem einwirkten. Die Bildung der Culturpflanzen aus den wildwachsenden Stammeltern, von denen sie sich häufig so sehr unterscheiden, beginnt damit, dass der Same dieser in Culturland, einen nahrungsreichen auch in seinem physischen Aggregatzustand sorgfältig vorbereiteten Boden versetzt und den nöthigen Lebensreizen, dem Lichte und der Wärme abgemessener ausgesetzt wird, als dies im Freien zu geschehen pflegt. Das aufspriessende Pflänzchen zeigt oft schon in dieser ersten Generation eigenthümliche Merkmale, üppigere Ernährung der Blätter, wachsende Grösse und schönere Färbung der Blüthen, veränderte Behaarung und mehr. Die Aussaat der Samen, die es trägt, liefert Pflänzchen, unter denen einige sogleich von Anfang an diese erworbenen Eigenschaften bewahren, während andere noch der wilden Stammart ähnlicher sind. Eine fortgesetzte Cultur durch Aussaat von Samen der ersten Gruppe bringt zuletzt Pflänzchen hervor, deren Samen nun sämmtlich die erworbenen Merkmale fortzupflanzen vermögen. Wird jedoch die so entstandene Spielart aus dem Culturland auf ihren natürlichen Boden zurückversetzt, so verwildert sie wieder und kehrt nach mehr oder weniger Generationen zu ihrer anfänglichen Stammform zurück. Die Fähigkeit, besondere, dem Typus der

Species fremde oder gleichgiltige Eigenthümlichkeiten fortzuflanzen, kommt daher allerdings auch dem Samen zu, aber sie erscheint doch in ihm später und weniger constant, als in der Vermehrung durch Knospen, welche viel sicherer die geringfügigsten Merkmale der Varietät überliefern, und diese Kraft auch länger bewahren, obgleich auch sie, in die natürlichen Verhältnisse der Stammspecies zurückversetzt, in diese zuweilen völlig wieder übergehen.

535. In dem Thierreich fehlt die Fortpflanzung durch Knospen, wenigstens in den Klassen, die wir genauer kennen, und auch die durch Samen wird nicht so sehr wie bei Pflanzen durch äussere Umstände modificirt. Eine einmal entstandene Spielart ist daher an sich, nämlich durch Begattung ihrer Angehörigen unter einander, viel beständiger als bei den Pflanzen, und trotzt den verschiedensten Einwirkungen der äussern Welt. Aber die Kreuzung der Rassen, die hier viel leichter als im Pflanzenreich erfolgt, vermehrt nicht nur die Spielarten und verflacht ihre Unterschiede, sondern lässt auch die Eigenthümlichkeit einer Varietät besonders durch Begattung mit Thieren der ursprünglichen Stammart sehr bald wieder verschwinden. Da übrigens der thierische Körper durch unangemessene äussere Einflüsse zu krankhaften Ausartungen geneigt ist, die nicht so bald wie bei Pflanzen, Lebensfähigkeit und Fortpflanzung verhindern, so gibt es auch Thiervarietäten genug, die durch Vermehrung innerhalb ihrer eigenen Grenzen verkümmern, und nur durch Anpaarung mit Gliedern anderer Varietäten gekräftigt werden. Die Kreuzung der Rassen ist daher hier häufig ein Mittel höherer Cultur, indem die leicht sich überliefernden aber nicht lebenskräftigen Einseitigkeiten der Bildung durch diese Paarung mit abweichenden Keimstoffen ausgeglichen werden. Allgemein kann man jedoch diesen Satz schwerlich aufstellen, dass Degeneration die unvermeidliche Folge jeder geraden und ungekreuzten Fortpflanzung sei; es gibt einzelne Varietäten der Hausthiere, die in reiner Zucht und ohne Kreuzung vermehrt, an Lebenskräftigkeit auch in spätern Generationen nichts zu wünschen übrig lassen; die erfrischende Wirkung, welche sich in körperlicher und geistiger Beziehung bei der Kreuzung verschiedener Nationalitäten geschichtlich oft gezeigt hat, findet dagegen ihren natürlichen Grund in

einer wirklich mangelhaften Bildung beider zusammenstossenden Elemente, indem die eine Nation meist körperlich durch Luxus erschlafft und daher geistig zwar vielseitig aber kraftlos erregbar war, die andere unter geisttödtend einfachen Verhältnissen physische Rüstigkeit bewahrt hatte.

536. Es würde ein grosses physiologisches Interesse haben, den Spielraum der Veränderungen zu kennen, die der Character einer Species durch äussere Einflüsse erfahren kann, so wie den Umfang der Eigenschaften, welche durch die Zeugung sich auf die Nachkommen vererben können. Die Beobachtungen, die hierüber aufgezeichnet worden sind, zeigen uns zu viele Möglichkeiten, als dass sie für jetzt zu bestimmten Ansichten führen könnten; hauptsächlich lässt die grosse Uebertragbarkeit krankhafter Zustände die Grenzen, bis zu welchen die Art in Varietäten sich theilen kann, nicht genau bestimmen. Den grössten Verschiedenheiten sind die Massverhältnisse der Architectur des Körpers unterworfen, während die anatomischen Beziehungen in der Regel nicht verändert werden. Die Rassen der Pferde und des Rindviehs liefern in dieser Hinsicht ergiebige Beispiele, indem sie nicht nur eine grosse Mannigfaltigkeit in der Zartheit oder Massenhaftigkeit des Knochenbaues und in seinen Dimensionen, sondern auch eine zähe Hartnäckigkeit der Ueberlieferung solcher Züge besitzen. Demnächst folgen die äusseren Bedeckungen, die Länge, Dichtigkeit und Farbe der Haare, obgleich die verschiedenen Färbungen nur Auflösungen oder einseitige Ausbildungen der Pigmente zu sein scheinen, die in der wilden Stammart vermischt vorkommen. Auch diese Merkmale werden sehr beständig fortgepflanzt und gehen nur nach längerer Verwilderung zum Theil wieder zu Grunde; aber neben ihnen hat man noch speciellere Eigenschaften, die Kraft und Gewandtheit der Muskeln, nicht nur überhaupt, sondern specifisch bald zum Ziehen oder zum Rennen, die Mastfähigkeit, die Stärke der Zeugungskraft in einer bestimmten Zucht einheimisch gefunden. Machen nun solche Erfahrungen, so wie die häufigen von der Uebertragung allgemeiner Krankheiten es wahrscheinlich, dass die specielle Bildung des Körpers auf die der Keimstoffe einen mitbestimmenden Einfluss äussert, so sind dagegen andere Beobachtungen über die Ueberlieferung localer Missbildungen um so zweideutiger.

Die Meinung, dass jeder Theil des individuellen Körpers sich durch irgend einen Beitrag an der Bildung der Keimstoffe betheilige, wird durch sie wenigstens nicht allgemein bestätigt, da neben der erblichen Uebertragung von Hasenscharten, sechsfingerigen Händen und dergleichen überwiegend mehr Fälle vorkommen, in welchen Verstümmelungen der Aeltern ohne Wirkung auf die Bildung der Kinder sind. Man würde ohne Zweifel in diesen Dingen unterscheiden müssen zwischen Monstruositäten, die in den elterlichen Organismen selbst aus einer anfänglichen Fehlerhaftigkeit ihres Bildungstriebes entstanden sind und solchen Abweichungen, denen ihr Körper lediglich durch äussere Einflüsse unterlegen ist Die erstern haben nicht unwahrscheinlich eine den Varietäten ähnliche Fortpflanzungskraft, während von den andern nur diejenigen, welche auf die Oekonomie des Körpers von Einfluss sind, und durch sie hindurch auf die Bildung der Keimstoffe einwirken können, glaublicher Weise auch die Nachkommen irgendwie afficiren, aber durchaus nicht nothwendig so, dass sie in diesen genau wieder dieselbe Missbildung erzeugen müssten. Eben so unbekannt sind uns die Gründe, welche in einem und demselben vollständigen und gesunden Organismus regelmässig die Bildung monstruöser Keime bedingen, wie dies nicht selten in Familien geschieht, in welchen die Aeltern keine Spur von der Missbildung der Kinder wahrnehmen lassen. (Burdach Physiol. I. 562 ff.).

537. Es ist eine oft gemachte Beobachtung, dass die Eigenthümlichkeiten der Aeltern, selbst krankhafte Zustände mannigfacher Art, nicht unmittelbar sich in den Kindern, desto auffallender dagegen in den Enkeln wieder erzeugen. Dieses Ueberspringen einer Generation kann man mit der physiologischen Thatsache in Verbindung bringen, dass schon das Ovarium neugeborner weiblicher Thiere Eier mit Keimbläschen enthält, obgleich der übrige Körper erst spät in den Stand gesetzt ist, die zu ihrer Entwicklung nöthigen Functionen zu vollziehen. Gehört die fortzupflanzende Eigenthümlichkeit des mütterlichen Körpers zu denen, welche selbst erst im Laufe seines Lebens erworben worden sind, so könnte man sich vorstellen, dass ihr Einfluss auf diesen bereits gebildeten Keim nicht mehr stark genug sei, um sich sofort in seiner Entfaltung zu äussern, aber doch immer

hinlänglich, um fortwirkend die Bildung der zweiten Generation mit zu bestimmen. Hierauf jedoch, so wie auf die diesen Beobachtungen entlehnte Annahme einer eigenen Periodicität des Bildungslebens wollen wir so wenig Gewicht legen, als auf die Zusammenstellung dieser Erscheinungen mit dem Phänomen des sogenannten Generationswechsels, zu welchem sie für unsere der wahren Gründe noch unkundige Anschauung einen leichten Uebergang bilden.

538. In den höheren Thieren gleicht nicht nur jede Generation der andern, sondern jede tritt auch sofort nach ihrer Erzeugung in den Bildungslauf ein, in welchem sie sich später ohne weitere Metamorphose nur durch Wachsthum weiter zu entwickeln hat. Bei den Amphibien schon beginnen *dagegen* Formverschiedenheiten der Entwicklungsstadien, die *das neuerzeugte* Wesen den Aeltern unähnlich machen. Die Larve des Frosches unterscheidet sich durch den Besitz des Schwanzes, den Mangel der Extremitäten und die Art ihrer Respiration von der Gestalt und Lebensweise der Aeltern; noch viel auffallender ist der Unterschied der Raupe und des Schmetterlings. Neben diesen bekannteren Beispielen weist die Zoologie noch eine Menge anderer Fälle nach, in welchen die Thiere mehrere so verschiedene Entwicklungszustände durchlaufen, dass sie in verschiedenen Perioden ihres Lebens wenig Aehnlichkeit mehr besitzen; und es ist zu vermuthen, dass ein grosser Theil der Gattungen, die man bisher in den niedersten Klassen der Thiere unterschieden hat, in der That nur verschiedene Lebenszeiten und Ausbildungsgrade derselben Gattungen darstellt. In diesen Fällen allen ist es nun dasselbe individuelle Thier, welches während seines Lebens diese verschiedenen Zustände als Metamorphosen durchläuft. Anders bei dem Generationswechsel. Hier sind die verschiedenen Entwicklungsstadien an verschiedene Generationen vertheilt und kein Individuum durchläuft sie alle. Während aus den Eiern des Schmetterlings eine Raupe entsteht, die sich selbst durch Verpuppung wieder zum Schmetterling umwandelt, erzeugt hier ein Thier eine ihm unähnliche Generation, die nie die Gestalt des Mutterthieres erreicht, sondern eine neue Brut hervorbringt, die durch ihre Entwicklung entweder nun unmittelbar oder selbst noch weiter erst durch die Erzeugung einer dritten Generation

zur Urform zurückkehrt. Aus den Eiern eines Eingeweidewurms, des Monostomum mutabile, geht so ein flimmerhaariger freischwimmender Embryo hervor, der nie die Form des Mutterthiers erlangt. In seinem hintern Theile entwickelt sich durch Knospung ein Schlauch, aus dem sich auf demselben Wege Cercarien erzeugen, Thiere, die nach vollendeter Ausbildung aus ihm austreten und frei im Wasser schwimmen, sich in Insecten einbohren, in dem Innern derselben verpuppen und endlich aus der Puppe in der ursprünglichen Gestalt des Monostomum wieder hervorgehen. Ebenso erzeugen schirmförmige freischwimmende Medusen eine Generation festsitzender Polypen, die ihnen nie ähnlich wird, wohl aber ihrerseits auf einem eigenthümlichen Entwicklungswege eine dritte Generation wieder freischwimmender Medusen hervorbringt, die nie polypenförmig werden.

539. Diese Erscheinungen, deren Ausdehnung im Thierreich allerdings noch wenig bekannt ist, und deren nähere Verhältnisse wir der Zoologie überlassen müssen, zeigen uns bei einer kometenartig excentrischen Bahn des Bildungslaufs doch eine wunderbare Constanz, die nach so vielen Verwandlungen zu der Urform zurückführt. Sie haben in der höhern Thierwelt keine Analogie. Nur schwache Vergleichungspunkte mit ihnen bietet in mechanischem Sinne der Bildungslauf des Fötallebens. Dass nämlich die erste Entwicklung der Organismen keineswegs auf dem kürzesten geradlinigen Wege ihrem Ziele nachgeht, sondern manche frühere Bildung wieder zurückgenommen oder wesentlich umgestaltet wird, haben wir früher bereits erwähnt. Die Phänomene des Generationswechsels kann man so deuten, dass sie eine Bildungsgeschichte darstellen, deren Formenwechsel nicht nur sehr bedeutend, sondern deren einzelne Entwicklungsphasen zugleich zu selbständiger Wechselwirkung mit der äussern Welt und zur Vollendung ihrer Ausbildung durch diese bestimmt sind. Die Metamorphosen, welche bei höhern Thieren der Embryo vor seinem Eintritt in die äussere Welt und zugleich in viel geringerem Massstabe abthut, erscheinen hier als verschiedene Stufen des wirklichen Lebenslaufs, nicht mehr als Stufen der Vorbereitung zu ihm. Betrachten wir diese niedern Thiere, indem wir allerdings ganz von ihren Ansprüchen auf Individualität absehen, lediglich als Massensysteme, die nach einem mehr oder minder

langen Bildungslauf ihre ursprüngliche Gestalt und Bewegungsform auf andere vervielfältigte Massen übertragen, so können wir alle Generationen, die zwischen zwei gleichen ausgebildeten Gestalten liegen, als eine Reihe von Uebergängen ansehn, denen vergleichbar, welche der Embryo höherer Thiere noch während seines Fötallebens durchläuft. Doch könnte diese gewaltsame Abstraction, welche viele anderweit bedeutsamere Unterschiede vernachlässigt, nur dann dazu dienen, den Generationswechsel der Thiere aufzuklären, wenn wir im Stande wären, den Mechanismus der Bildung selbst genauer zu verfolgen.

540. Eine unerwartete Analogie zu diesen Erscheinungen im Thierreich haben neuere Entdeckungen der Botanik kennen gelehrt. Die Sporen der Moose, der Farrenkräuter, der *Equisetaceen* erzeugen nicht unmittelbar ein der Mutterpflanze *ähnliches* Gewächs; sie entwickeln sich vielmehr zu einem thallusartigen, zelligen, gefässbündellosen Gebilde, dem Proembryo, der bei den Moosen die Form verästelter Conferven, bei den Farrenkräutern die Gestalt eines herzförmigen, einem laubigen Lebermoose nicht unähnlichen Blättchens, bei den Equisetaceen einen lappigen unregelmässigen Bau besitzt. Dieser Proembryo hat bei den Moosen die Fähigkeit, unmittelbar eine oder mehrere auf seinen verschiedenen Zweigen sitzende Zellen zu Knospen umzubilden, welche zu beblätterten, der Mutterpflanze ähnlichen Stämmchen emporwachsen, so dass hier das eigenthümliche Verhältniss eintritt, dass eine Spore zur Entwicklung einer Mehrzahl von Pflanzen Veranlassung gibt. Zu dieser unmittelbaren Entwicklung von Blattknospen ist der Proembryo der Farren und Equisetaceen nicht fähig; er erzeugt dagegen aus seinen oberflächlichen Zellenschichten eine Mehrzahl eigenthümlicher Eichen und zugleich die Antheridien, durch deren befruchtende Wirkung aus jenen die künftige Pflanze in Form einer Knospe hervorwächst. (Mohl, in Wagners HWBch. IV, 277 ff.). Vergleicht man diese Erscheinungen mit denen des thierischen Generationswechsels, so findet man eine ausgeführte Analogie zwischen dem Proembryo und jenen Mittelgliedern des Bildungslaufes, die man dort als Ammen bezeichnet hat; auch die gleiche Abwechslung geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Zeugung findet sich, wenn man den Pro-

embryo als eine Generation mitzählt, bei den Pflanzen ebenso, wie sie häufig bei den Thieren vorkommt.

541. Wir haben diese Reihe von Thatsachen, auf deren Einzelheiten wir hier weiter einzugehn ausser Stand sind, in der Absicht kurz erwähnt, um die Schwierigkeiten hervorzuheben, die wir in der Beantwortung mancher Fragen über die Fortpflanzung der lebendigen Körper finden. Unbekannt ist uns zuerst der Weg, auf welchem die Organisation der älterlichen Körper die Fähigkeit zur Entwicklung gleicher Lebenserscheinungen auf die Keimstoffe überträgt. Leicht würde es zwar sein, aus den allgemeinsten Begriffen physisch möglicher Zusammenhänge von Massen und Processen nachzuweisen, dass die Ueberlieferung dieser Bildsamkeit nicht das Gebiet dessen überschreitet, was durch eine Verknüpfung natürlicher Wirkungen auch ohne Hilfe jedes aussergewöhnlichen Princips realisirbar ist. Aber wir sind zu oft schon genöthigt gewesen, auf so allgemeine Abstractionen hinzuweisen, als dass wir diese Gelegenheit nicht vielmehr dazu benutzen sollten, auf die grossen Lücken aufmerksam zu machen, die überall bleiben, wo man jene Abstractionen nicht durch concrete Anschauungen zu unterstützen vermag. Und an solchen fehlt es uns allerdings gänzlich. Frühere Zeiten haben sich um diese Entstehung des Keims aus den älterlichen Organismen vielfach und ängstlich bemüht, und sie haben hauptsächlich darin gefehlt, dass sie den Umriss jener abstracten Ansichten, die wir principiell fassen müssen, durchaus durch phantastische Vermuthungen auszufüllen suchten, obgleich nur aus fortschreitenden Beobachtungen sich Analogien ergeben können, welche uns in der Ausbildung unserer Vorstellungen hierüber leiten dürfen. Die Annahme, dass jede spätere Organisation bereits in der früheren eingeschlossen enthalten sei, muthet uns ebenso wenig mehr an, als die andere, dass jeder Theil des mütterlichen und des väterlichen Körpers durch einen gewissen Massenantheil, den er zur Bildung des Keims beitrage, in diesem repräsentirt sei. Verfeinerter Vorstellungen, welche jeden Theil des älterlichen Körpers dynamisch, wie man sagt, die Gestaltung des Keimes mitbestimmen lassen, sind wir überdrüssig, denn was sagen sie anders, als was wir wussten, dass nämlich der Zusammenhang der Massen und der Kräfte im älterlichen Organismus natürlich der Grund

ist, welcher die gleiche Entwicklungsfähigkeit des Keimstoffs hervorbringt? Welches aber ist der bestimmtere Weg dieser Uebertragung? Zwar scheinen uns alle Beobachtungen dahin zu drängen, humoralphysiologisch die Continuität der gleichen Entwicklung durch das Mittelglied einer chemisch eigenthümlichen Fortpflanzungsflüssigkeit bewirkt zu denken, aus der sich erst secundär die morphotische Aehnlichkeit des Erzeugten mit dem Erzeuger reconstruirt; aber Jeder wird zugeben, dass es leichter ist, dieses Princip im Allgemeinen anzuerkennen, als ihm in der Anwendung auch nur eine überredende Anschaulichkeit abzugewinnen.

542. Auch die zweite grosse Frage, die nach der ersten Entstehung des organischen Reichs, erhält durch unsere *Erfahrungen* keine Aufklärung. Wem seine Weltanschauung *erlaubt*, von einer unmittelbaren Schöpfung auszugehn, der allein findet einen genügenden Ausgangspunkt. Wer dagegen auch die erste Entstehung des Lebens von ihrer physisch-mechanischen Seite betrachtet, kann schwerlich etwas Anderes thun, als sie für völlig unerforscht ansehn. Man kann das Princip einer generatio aequivoca im Allgemeinen zugeben, wird aber doch sehr Bedenken tragen, es auf alle Organisationen anzuwenden. Man kann ferner sich auf den Gipfel jener Pyramide von Hypothesen stellen, welche die Geologie über die ersten Bildungszustände der Erde erbaut hat und vermuthen, dass in diesen unbekannten Zeiten äussere Verhältnisse und Kräfte thätig gewesen sind, die auch die complicirteste Organisation unmittelbar aus den anorganischen Elementen hervorgehn liessen; aber gewiss wird man durch diese Annahmen kaum sich selbst, viel weniger Andere überreden. Beginnen wir unsere Träume bescheidener, und setzen voraus, dass durch unmittelbares Zusammentreffen der Elemente nur die niedersten pflanzlichen Organisationen sich gebildet haben, dass aber allmählich aus ihnen durch eine Entwicklung, deren Ueppigkeit in den kleinlichen Verhältnissen unsers jetzigen Erdlebens freilich keine Analogie mehr findet, nach und nach die höheren Gattungen des vegetabilischen und animalischen Systems hervorgegangen seien, so ist auch das eine Hypothese, die physisch nicht nachweisbar unmöglich, doch an unsern Beobachtungen über die constant geschiedenen Entwick-

lungskreise unserer jetzigen Gattungen und Arten durchaus keine Empfehlung findet. Das Nöthigste, was wir thun können, ist, die auffallende Beschränktheit unser naturwissenschaftlichen Grundbegriffe zuzugeben, die uns kaum das kleine Bruchstück der Wirklichkeit, das in unsere Erfahrung fällt, zu beurtheilen erlauben, und ganz unanwendbar werden, sobald wir in Perioden der Natur überdringen wollen, die von dem Character der historischen Zeiten verschieden sind. Gewiss glauben auch wir nicht, dass die Natur je andern Gesetzen gehorcht habe, als denen, die sie jetzt befolgt; aber wahrlich nicht Achtung vor der menschlichen Wissenschaft, sondern nur Bedauern mit einer kurzsichti-Selbstzufriedenheit erwecken uns diejenigen, die jetzt schon von unwandelbaren concreten Naturgesetzen sprechen, denen keine Periode des Weltlebens widersprechen dürfe, jetzt, wo jeder Aufrichtige sich bewusst sein muss, dass wir nur mit kümmerlichen abstracten Behelfen die Naturerscheinungen unter mathematische Gesetze bringen, dagegen die wahren concreten Kräfte der Dinge und die echte ursprüngliche Form ihrer Wirksamkeit noch nicht im Entferntesten kennen.

DRITTES KAPITEL.

Von der Wechselwirkung der Organismen mit der Aussenwelt.

---

§. 45.

Die individuelle Existenz.

543. Auf beständige Wechselwirkung mit der äussern Welt war nicht nur physisch die Möglichkeit des organischen Daseins gegründet, sondern auch der Sinn alles Lebens kommt erst in diesem Verkehr mit den äussern Bedingungen zu Tage, in welchem das Lebendige bald Stoffe der Natur umgestaltet, bald Eindrücke äusserer Kräfte zu eigenthümlichen Formen innerer Zustände verarbeitet. Wo nun aber diese Grenzlinie zwischen ihm

als einem abgeschlossenen Ganzen und der übrigen Welt als einem Aeusseren gezogen sei, ist der unmittelbaren Anschauung klarer, als es zunächst einer weitergehenden Reflexion ist. Der Umriss einer organischen Gestalt scheint uns auch das Lebendige einzugrenzen; was er ausschliesst, gehört dem äusserlichen Kreis der Lebenselemente an. Aber viele Massen überschreiten diesen Umriss beständig; aus dem Innern des Körpers strömen stets Stoffe nach aussen, andere treten ein; ein grosser Theil der Aussenwelt durchdringt daher diese Gestaltgrenzen und liegt räumlich innerhalb derselben, und es ist schwer zu sagen, wo er dynamisch aufhört dem Leben äusserlich zu sein, oder wo er in entgegengesetzter Richtung der Verwandlung ihm wieder äusserlich zu werden beginnt. Ist es jedoch unmöglich, den lebendigen Körper in seinem Innern von dem Kreise der benutzbaren und fremdartigen Substanzen zu trennen, die ihn durchdringen, so grenzt doch der Umriss seines festen Baues ihn gegen die übrige Aussenwelt nicht nur anschaulich, sondern auch dynamisch ab, denn über diese Grenzen hinaus erstreckt sich weder der organisirende Einfluss des Lebens, noch vermögen wir anders, als durch rein physische Vermittlungen, Bewegungen ausserhalb derselben hervorzubringen. Ueberall reicht das Leben so weit, als die eigenthümliche Form seines Daseins über die Stoffe der Natur eine unmittelbare Herrschaft ausübt, und in diesem Sinne schliesst der Umkreis des lebendigen Körpers eine gewisse Summe physischer Elemente zu einem zusammengehörigen Ganzen ein; Unrecht dagegen würde man haben, wenn man alle Bestandtheile des Körpers lebendig nennen wollte. Man hört wohl zuweilen vor einer Vorstellungsweise warnen, welche zwischen die lebendigen Bestandtheile eines organischen Leibes unlebendige mechanische Mittelglieder einschalte; aber diese Furcht sowohl als jene beständigen Reden, dass Alles im Körper, feste Theile und Säfte, belebt und vom Leben durchdrungen sei, gehen aus einer Auffassung dieser Gegenstände hervor, die ebenso wenig logisch richtig ist, als sie durch unbefangenen Anblick der Thatsachen gerechtfertigt wird.

544. Der logische Fehler dieser Ansichten besteht in der Vieldeutigkeit des Namens Leben, mit welchem sie freigebig an verschiedenen Theilen desselben Körpers bald diese, bald jene

Eigenthümlichkeit des Daseins bezeichnen, ohne das Gemeinsame deutlich hervorzuheben, das in diesen Fällen allen vorkommt und die gleiche Benennung rechtfertigen könnte. Diejenige Form des Lebens, die dem ganzen Thiere, der ganzen Pflanze angehört, kann nicht jedem Theile ebenso zukommen; das Leben flüssiger Theile muss nothwendig formell ein völlig verschiedenes von dem der festen sein. Die Aehnlichkeit der Daseinsformen, die man für beide mit demselben Namen des Lebens bezeichnet, könnte daher nur in der Gleichheit gewisser abstracter principieller Gesetze des Verhaltens liegen, nach denen höchst verschiedene Reihen von Processen doch in den Einen wie in den Andern auf gleiche Weise combinirt wären. Wollte man jedoch diese Aehnlichkeiten wirklich aufsuchen, so würden sie in so ärmlichen Dingen bestehen, dass man kaum mehr viel damit sagte, wenn man von dem Blute und der Sehnenfaser behauptete, in diesen Punkten sei die Weise ihres Daseins dem Dasein des ganzen Körpers gleich; am wenigsten würde man Grund haben, diese inhaltlose Art der Existenz noch mit dem Namen des Lebens zu bezeichnen. Wir überlassen es daher den Anhängern dieser Ansicht gern, selbst anzugeben, worin das Leben der Säfte bestehe, und heben nur den einen Punkt hervor, dass keiner der Theile, die nicht auch formell, in Structur, Mischung und Function, wie die Zweige der Pflanze, dem Ganzen ähnlich sind, ein abgesondertes Leben für sich zu führen im Stande ist. Wie wir daher das Leben selbst als eine Verknüpfung physischer Processe betrachten, deren Eigenthümlichkeit weniger in der besondern Natur des Verbundenen, als in der specifischen Form der Verbindung besteht, so gelten uns auch alle Theile eines lebendigen Körpers zunächst nur als physische, vorhandene Massen, ausgestattet mit allen den molecularen Kräften, die ihrer qualitativen Natur entsprechen, aber ledig aller inneren Heimlichkeiten einer latenten Lebendigkeit, durch die sie mehr wären, als ihre Verwandten, die noch ausserhalb des organischen Körpers sich im Weltall umhertreiben. Was sie auszeichnet, ist allein die Gunst der Umstände, die Gunst der eigenthümlichen Verbindung nämlich, in der sie mit den übrigen Bestandtheilen des ausgebildeten Organismus stehn. Durch diese Verknüpfung wachsen ihnen Fähigkeiten des Wirkens und eigener

Weiterentwicklung zu, die sie an sich nicht besassen; aber auch diese in verschiedenen Abstufungen. Es gibt Bestandtheile, und zu ihnen gehören die meisten Säfte, die in der That den Körper nur als benutzbare Materialien durchkreisen, und ein Stück nach innen gezogener Aussenwelt darstellend, niemals eine besondere Form eigenthümlicher Entwicklung erwerben; es gibt andere, die, wie die Mehrzahl der festen Theile, zwar eine dem äussern Naturlauf ungewöhnliche Mischung und Form, aber keine Fähigkeit zu Wirkungen erlangen, die den gewohnten Vorgängen in der äussern Natur fremd wären; zu ihnen rechnen wir das dienende Gerüst des Körpers, alle knöchernen, sehnigen, elastischen Substanzen; es gibt ferner zusammengesetztere Theile, die durch ihre Structur selbst einer gewissen Reizbarkeit fähig sind, obgleich auch diese nie lange sich nach ihrer Abtrennung von dem ganzen Organismus erhält; zu ihnen gehören die Muskeln; endlich gibt es noch grössere Theilganze, welche wie die Zweige der Pflanze, die Form des Hauptganzen wiederholen und dadurch auch zu einem abgesonderten Leben sich zu entwickeln vermögen. So mannigfach sind also die Verhältnisse, dass Einzelnes im Körper immer unorganisirt bleibt und nur durch physische Eigenschaften dem Leben dient, Anderes höher ausgebildet ihm nicht nur dient, sondern in seinen Verrichtungen bald mehr, bald minder die Zusammenhangsform der Lebensprocesse des Ganzen wiederholt, Einiges endlich mit der vollen Reproduction der Form des Ganzen auch seine selbständige Lebensfähigkeit gewinnt.

545. So wenig im Raume, so wenig schliesst sich in der Zeit der lebendige Körper zu einem System durchaus lebendiger Theile ab. In keinem Augenblick ist nur das beisammen, was zu seinem Begriffe gehört; stets treffen wir in seinem Umfang Materialien an, die zur physischen Realisirung dieses Begriffs entweder noch bestimmt sind, oder durch Lösung dieser Aufgabe abgenutzt, ihrer Wiederabtrennung vom Körper entgegensehen. Auch hier reicht das Leben so weit, als in jedem Augenblicke seine Wirkung geht; der Organismus wird begrenzt durch die Weite eines Gebietes, über das sich die Herrschaft seiner Lebensform erstreckt, nicht durch eine endliche und bestimmte Summe von Theilen, die ihn zusammensetzen. Er ist überhaupt nichts Anders, als eine höchst verwickelte Form der

Wellenbewegung, die sich über verwendbare Substanzen der äussern Welt erstreckt, bald diese, bald jene ergreift und entlässt und sich nur durch die Stetigkeit erhält, mit der immer neue Theilchen an die Stelle der alten treten. Zwar hat an diese Vorstellung sich manche ungerechtfertigte Phantasie angeknüpft. Wir wissen nicht, ob in der That alle Bestandtheile des Thierkörpers einem allmählichen Wechsel unterworfen sind, und müssen durchaus bezweifeln, dass gleiche Veränderlichkeit bei den Pflanzen vorkomme; noch weniger Grund haben die populären Vorstellungen, welche in einer bestimmten Reihe von Jahren den ganzen Bau des Körpers als wiedergeboren durch neue Materialien ansehn, indem sie auf rohe Weise aus der Menge der Secretionen berechnen, wie lange es währen möge, bis durch sie die gesammte Substanz des Körpers entfernt sei. Sie vergessen, dass viele Theile vielleicht hundertmal wechseln, während andere kaum ein Mal sich erneuen, und dass daher jede Zeitbestimmung für die gänzliche Wiedergeburt des Körpers ein leerer Einfall ist. Dennoch bleibt es richtig, dass der thierische Leib nur durch unausgesetzte Veränderung lebt, und dass in der Pflanze aus den fortbestehenden Theilen sich das Leben zurückzieht, um gleichfalls in beständig neuer Production sich auf andere Massen auszubreiten.

546. Aber nicht nur gegen die äussere Welt ist die Grenze des Lebens keine völlig scharfe, sondern auch in seinem Innern ist die Zusammengehörigkeit eines Massensystems zu einem lebendigen Ganzen vielfach abgestuft. Aus lauter gleichartigen Theilen entsteht wohl eine Summe, die sich noch weiter vermehren oder vermindern lässt, aber nie ein Ganzes, das individuell sich abschliesst und jeder solchen Veränderung sich widersetzt. Nur differente Theile, in solchen gegenseitigen Beziehungen angeordnet, dass jeder Zuwachs und jeder Abzug den Plan der Zusammenfügung ändern würde, lassen ein individuelles Ganzes entstehn; Theile, die ohne Plan, lediglich nach einem allgemeinen Gesetze zusammenhängen, können sich der Theilung in vollkommen gleichberechtigte Abschnitte nicht entziehn. So weit der Begriff der Individualität daher überhaupt auf zusammengesetzte Naturobjecte Anwendung hat, findet er seine nächste auf die primitiven Zellen, aus denen die weitüberwie-

gende Mehrzahl aller organischen Geschöpfe entsteht. Jede Zelle, aus den differenten Bestandtheilen des Kernes, der Membran und des flüssigen Inhalts zusammengesetzt, ist nicht nur dynamisch durch die Beziehungen dieses abgeschlossenen Systems ihrer Elemente, sondern auch räumlich durch die kugelförmige Gestalt ihres Umrisses als ein vollendetes Ganzes characterisirt. Reihen von Zellen dagegen, nach einem allgemeinen Gesetze der Lagerung angeordnet, bilden unmittelbar nie ein bestimmtes Ganzes, und ohne inneren Grund, der die Fortsetzung der Reihe verhinderte, können sie nur dann in doch immer abgeschwächter Bedeutung für Individuen gelten, wenn die physischen Processe, durch welche die Reihenbildung entsteht, irgendwo durch äussere Hindernisse nothwendig zum Stillstand gebracht werden. Sie werden dagegen zussammengehörige Ganze, sobald die Reihe, wie die der Ringel in dem Körper der Anneliden, aus inneren Gründen, und deshalb durch specifisch gestaltete Endglieder abgeschlossen wird.

547. Um dieser Verhältnisse willen ist im Pflanzenreich eine streng umschriebene Individualität der unvergleichlich viel seltenere Fall, und die meisten Gewächse entbehren ihrer in doppelter Beziehung. Nur eine Pflanze nämlich, die nach bestimmter Vegetationszeit mit der Erzeugung des Samens selbst wieder abstirbt, deren Axe eine bestimmte Entwicklungsgrösse, eine feste Anzahl der Blätter und der Blüthen trägt, kann als ein vollkommen abgeschlossenes individuelles System vegetirender Massen gelten. Aber die meisten Pflanzen haben eine unbegrenzte Vegetation, die nur durch die physische Unmöglichkeit des Safthubes nach oben und vielleicht durch die Widerstände, welche der perennirende Stamm seiner Querausdehnung entgegensetzt, allmählich zum Stillstand gebracht wird. So entwickeln sie zuerst der Zeit nach eine unbestimmte Anzahl von Nebenaxen, deren jede der andern und dem Ganzen ähnlich als eigne Individualität nicht nur auf dem Mutterboden des Stammes fortlebt, sondern auch abgetrennt zu einer gleich unbestimmten selbständigen Vegetation sich weiter entwickeln kann. Aber auch dem Raume nach schliesst die perennirende Pflanze Theile von äusserst verschiedener Bedeutung ein, nach aussen die abgestorbene korkstoffige Rinde, nach innen mehr oder minder noch

mitvegetirende Schichten, die Reste einer früheren Entwicklung, die jetzt in ihrer Entfaltung aufgehört hat, Knospen endlich, die noch unausgebildet künftigem Leben entgegengehn. In dem allen ist kein anderer Zusammenhang, als der, der auch in einer Kolonie unbestimmt vieler Individuen sich bald von selbst einstellt; aus der Gegenwirkung aller entwickeln sich Gewohnheiten und Gesetze, denen nicht nur die schon vorhandene Bevölkerung sich fügt, sondern die auch über die Aufnahme und Anordnung neuer Elemente entscheiden. Unbestimmt im Ganzen, fahrt doch auch diese Form der Coexistenz fort, im Einzelnen bestimmt zu sein; die Blüthentheile einer zusammengesetzten Pflanze sind nicht weniger streng, als die der einfachen, an bestimmte Beziehungen gebunden; und wenn der ganze Baum, dies Aggregat abgestorbener, alternder und lebensfähiger Theile, durch die mannigfachen Schicksale seines Lebens Störungen erfahren hat, welche weder eine arithmetische noch eine morphotische Gesetzlichkeit seines Baues mehr erkennen lassen, so tritt in der Blüthe wieder eine Genossenschaft von Theilen hervor, die in gleichem Augenblicke auf der Höhe ihres Lebens stehen, und die dort verschwundene Gesetzmässigkeit der Beziehungen wieder zur Erscheinung bringen.

548. In einem tiefern Sinne freilich, als in diesem, kommt Individualität nirgends im Reiche der Pflanzen vor. Sie entbehren jedes centralisirten Apparates, der für die Ernährung und Bildung aller Theile sorgte und diese eben dadurch auch in innere Gemeinschaft setzte, fremd ist ihnen ferner jede Aufgabe äusserer Leistungen, die von einem einzigen Centralorgan überwacht, auch die Gesammtheit aller übrigen Theile diesem einen untergeordnet und ihre Anzahl geschlossen erscheinen liesse um der ebenso bestimmten Anzahl der Functionen willen, die zu vollziehn sind. Daher findet auch in der einfachen Pflanze nur eine Coexistenz von Massentheilchen statt, die freilich um der bestimmten Lage willen, in der sie sich schon im Keime zusammenfanden, zu einer beständigen Wechselwirkung zusammengedrängt werden, aus der die Gestalten der entwickelten Organe als die möglichen geselligen Formen ihres Nebeneinanderseins hervorgehn. Selbst die Blüthe mit all ihrem Reichthum zusammengehöriger und auf einander berechneter Organe ist in keinem andern Sinne ein Individuum als in dem, dass die allgemeine

gesetzliche Norm der gegenseitigen Lagerungsverhältnisse der Theile in diesem besonderen Falle zugleich eine bestimmte Anzahl derselben festsetzt, durch welche eine geschlossene der Erweiterung nicht fähige Gesellschaft entsteht. Diese Zusammengehörigkeit ist nicht grösser als die der krystallinischen Gebilde, denen überhaupt die zusammengesetzten Pflanzen sich in dieser Hinsicht analog verhalten. Auch der Krystall gestattet an seinen Aussenflächen neuen Ansatz, sobald dieser dem allgemeinen Lagerungsgesetze der Theilchen genügt, so wie die Pflanze an ihrer Axe Nebenaxen gestattet, die demselben Bildungsgesetze, wie jene unterworfen sind. Auch der Krystall nöthigt den neuen Ansatz irgendwo Ecken zu bilden, in denen unveränderlich die Theilchen mit gleicher Anzahl von Kanten und unter denselben Winkeln zusammentreten; gleich dieser Spitze beschränkt die Blüthe den weitern Ansatz der vegetabilischen Masse, indem sie eine bestimmte Anzahl von Theilen in ein äusserstes auch arithmetisch bestimmtes Product der Bildung zusammentreten lässt. Ueberall sehen wir hier Kolonien von Theilen ohne inneres Band, aber allgemeinen Gesetzen der Formung unterworfen, die aus ihrer eignen Wechselwirkung entspringen, und nicht überall gleichgiltige ins Unendliche fortzusetzende Reihen, sondern oft auch geschlossene Vereinigungen mit dem Scheine der Individualität hervorbringen.

549. Die Thierwelt unterscheidet sich lebhaft von diesem Bilde. Wir kennen jene anatomischen Eigenthümlichkeiten des Baues, durch welche alle Theile einem gemeinschaftlichen Systeme ernährender Apparate unterworfen sind, Einrichtungen, welche die selbständige Lebensfähigkeit einzelner Theile um so mehr zurückdrängen, je mehr sie ausgebildet hervortreten; wir kennen ferner die morphotischen Gesetze, welche in höheren Thierklassen wenigstens die Anzahl der gleichwerthigen Theile immer mehr vermindern, die der differenten dagegen mehren und so die abgeschlossene Gestalt des Thieres entstehn lassen, in der für neuen Anwuchs oder nachtreibende Sprossen keine Anknüpfbarkeit mehr übrig ist. Aber abgesehn von diesen Eigenthümlichkeiten, die in den niedersten Anfängen des Thierreichs noch nicht hervortreten, finden wir wenigstens das Zusammengehörige stets durch die Herrschaft eines Willens zu einem ungetheilten Ganzen ver-

einigt. In dem natürlichen Leben jedes Thieres gibt es wenigstens eine Periode der Ausbildung, während welcher es in dieser zweifellosen Individualität existirt. Die mannigfaltigen Verhältnisse der Fortpflanzung durch Theilung oder Knospenbildung können dieses Bild für eine Zeit trüben, da sie ja wirklich die Epochen sind, in welchen die wunderbare Entstehung neuer Individuen aus früheren Organisationen vollzogen wird, aber sie können die Einheit des fortpflanzenden Wesens so wenig in Frage stellen, als die nur in ihrem äussern Verhalten formal abweichende Zeugung der höheren Thiere uns erlaubt, um der Präexistenz ihrer künftigen Nachkommen in ihnen selbst willen ihre eigene abgeschlossene Individualität zu bezweifeln. Wo Zeugung stattfindet, muss es natürlich einen Zeitraum geben, bis zu welchem der Keim des künftigen Wesens noch einen integrirenden Theil seines Erzeugers bildet; es muss ferner eine Zeit verlaufen, während welcher allmählich sich dieses Band löst, das nicht mit einem Male zerrissen werden kann; aber alle diese im Einzelnen gewiss sehr schwierigen Verhältnisse ändern den Satz nicht, dass jeder ausgebildete thierische Körper durch die Einheit seines beherrschenden Willens sich zu einem vollständigen Individuum gestalte.

550. Auch die geselligen Vereinigungen der niedersten Thiere stehen dieser Behauptung nicht als Ausnahme gegenüber. In den Korallenstöcken hängt nicht ein Polyp mit dem andern unmittelbar so zusammen, dass zweierlei Willen sich um die Herrschaft über dieselbe Masse stritten. Unbeirrt beherrscht vielmehr jedes Thierchen das ihm gehörige einfach organisirte System von Theilchen allein; was sie unter einander verbindet und eine völlig freie Willkühr jedem versagt, der gemeinschaftliche Stock, ist nicht eine in gleichem Sinne mit ihnen lebensfähige Masse, sondern eine einförmigere, nur für die bei allen Individuen gleichen Zwecke der Ernährung organisirte Substanz, die zum Wohnplatz für diese Thiere einen kleineren und specieller vorgerichteten Theil des Erdbodens bestimmt, an den die höheren Thiere mit etwas mehr Freiheit der Bewegung zuletzt doch auch gebunden sind. Mit dem untern Theil seines Leibes an den Korallenstock angeheftet, und nur mit dem obern frei beweglich der Welt zugewendet, erscheint der Polyp freilich für den ersten Anblick

eines wesentlichen Vortheils thierischer Natur beraubt; dennoch steht er darin nur geradweis dem Säugethier nach, das den Erdboden zu verlassen von der Schwere gehindert, und von beträchtlichen Höhen durch den Mangel des Luftdrucks zurückgescheucht wird. Weit entfernt, eine Vermischung der Individualitäten zu sein, enthält daher diese gezwungene Geselligkeit nur eine materielle Verknüpfung der Individuen, unter sich und mit einem bestimmten Boden, die in den höheren Thierklassen auf feinere Weise durch den Wechselverkehr der Bedürfnisse und die äussern Lebensbedingungen zu Stande kommt.

551. Dieser Form des Daseins zunächst steht die der parasitischen Geschöpfe. Auch an sie hat man mancherlei mystische Vorstellungen angeknüpft und sie häufig gewaltsam zu einer unklaren Gattung von Mittelwesen umgedeutet, die so wenig für sich etwas sein sollen als identisch mit dem Organismus, auf dem sie sich entwickeln. Allein ihre Eigenthümlichkeit besteht nur darin, dass die äussern Bedingungen, welche jedes Lebendige zu seinem Gedeihen voraussetzt, für sie besonders eng bestimmt sind; sie existiren nur, indem sie auf oder in lebenden Korpern, sei es in Höhlenräumen oder in dem Parenchym der Organe sich befinden, von den mehr oder minder assimilirten Säften sich nähren, die sie hier treffen, und zum Theil die constanten günstigen Umstände der Feuchtigkeit und Wärme geniessen, die ihnen dieser Aufenthalt darbietet. Sie haben häufig einen sehr engen Verbreitungsbezirk und finden sich im Thierreich nicht nur oft an bestimmte Species, sondern selbst an einzelne Organe ihre Träger gebunden; dagegen gibt es kaum eine Thierart, die nicht einigen zum Wohnplatz diente, ja selbst Parasiten in Parasiten sind beobachtet worden. Sie gehören im Thierreich sämmtlich der Klasse der wirbellosen, und meist nur Epizoen der Ordnung der Insecten, innen lebende Schmarotzer niedrigeren Ordnungen an. Auch das Pflanzenreich erzeugt parasitisch nur sehr einfache Vegetationsformen; manche sind vielleicht nur missgebildete Zellen, andere hat man deutlich aus den Intercellularräumen der Blätter durch die Spaltöffnungen hervorwachsen sehn. Von ihnen zu trennen sind jene entwickelten Pflanzen, die wie die Schlinggewächse, aus eigner Wurzel entspringend, an einem festeren Stamme zunächst nur Stütze, nicht

Nahrung suchen, obgleich sie häufig mit Nebenwurzeln in die gelockerte Substanz der Stammesrinde eindringen.

§. 46.

Von der Einwirkung der kosmischen Kräfte.

552. Auch für die selbständigen Organismen ist durch die nothwendigen Lebensreize, deren sie bedürfen, ein enger Wohnbezirk abgegrenzt. Wärme, Licht, Luft und Feuchtigkeit vereinigen sich in hinlänglicher Menge zur Unterhaltung des organischen Lebens nur in einer schmalen Zone des Raumes, als deren obere Grenze wir annähernd die Linie des beständigen Schnees bezeichnen können. An den Polen auf der Oberfläche der Erde aufliegend, gestattet sie weder pflanzlichem noch thierischem Leben irgend eine Entfaltung; nach den gemässigten Klimaten hin allmählich aufsteigend, erlaubt sie in den Tiefen eine wachsende Fülle und Mannigfaltigkeit der Bildungen, deren grössten Reichthum die tropischen Regionen entwickeln. Die untere Grenze der Zone verläuft im Ganzen wenige Fuss unter der Oberfläche des Festlandes und senkt sich nur unter dem Spiegel des Meers zu unbestimmten Tiefen hinab. In diesem Raume finden sich wenigstens die beständigen Wohnplätze der meisten Geschöpfe eingeschlossen; nur die beweglichen Organisationen der Vögel und Insecten durchbrechen seine Grenzen in einzelnen Flügen nach aufwärts; Fische und andere Wasserthiere steigen in grössere Tiefen hinab, aber nur wenige der niedrigsten Geschlechter, diese aber in grosser Anzahl, scheinen unter dem verstärkten Druck der Wassermassen und bei dem verminderten Gehalt an atmosphärischer Luft dort eine bleibendere Wohnstätte zu finden. Innerhalb dieses Gebietes jedoch sind die organischen Wesen, jener Lebensreize in höchst verschiedenem Masse bedürftig, auf das Mannigfachste vertheilt, einzelne über ausgedehnte Gebiete gleichmässig verbreitet, andere an sehr bestimmte Oertlichkeiten gebunden. Der Wechsel der meteorologischen Erscheinungen, welcher beständig die Oberfläche der Erde umläuft, führt überdies einen Wechsel der Lebensbedingungen für sie herbei, dem sie in mannigfaltigen Formen sich fügen oder widerstehen. Durch alle diese Veränderlichkeiten des Lebens hindurch lassen sich allerdings einige allgemeine und durchdringende Gesetze verfol-

gen, aber sowohl die Verbreitung der organischen Wesen über die Erdoberfläche als die Periodicität ihrer Lebenserscheinungen sind voll von auffallenden Eigenheiten, deren hervorbringende Ursachen bisher der Untersuchung entgangen sind.

553. Nur wenige Pflanzen, wie die Trüffel, vegetiren gleich den unterirdischen Wurzeln abgeschlossen von allem **Lichte**; Schimmelbildungen, Schwämme und zarte Flechten überziehen die Wände künstlicher Schachte und natürlicher Erdrisse, Moose bekleiden mit Vorliebe die weniger beleuchtete Nordseite unserer Bäume; manche andere Pflanzen fliehen wenigstens das Uebermass des Lichtes oder gedeihen am Meeresboden bei der spärlichen Helle, welche die tieferen Wasserschichten durchdringt. Eine grosse Menge thierischer Organisationen bringt einen Theil ihres Lebens im Dunkel des Erdbodens oder parasitisch in den Eingeweiden anderer Thiere zu, doch gibt es kaum eine Gattung, die nicht in einem ihrer Entwicklungsstadien zu einem Leben im Einfluss des Lichtes befähigt wäre. Immer bleibt jedoch das thierische Dasein viel unabhängiger von ihm, als die pflanzliche Vegetation, die fast überall dem Lichte zustrebt und von ihm die wichtigsten Anregungen ihrer Bildungsthätigkeit empfängt. Die Entstehung des grünen Chlorophylls und der Blumenpigmente unter seinem Einfluss, die doch, der lebendigen Pflanze entzogen, schnell unter seinen Strahlen bleichen, die Aushauchung des Sauerstoffs ferner, die aus den grünen Pflanzentheilen unter seiner Einwirkung stattfindet, zeigt uns, dass das Licht den Chemismus der vegetabililischen Welt ebenso lebhaft bedingt, als es auch auf unorganischem Gebiete chemische Wirkungen hervorbringen kann. Der Lichtfülle und der Klarheit des Himmels verdankt nicht nur die tropische Vegetation ihre intensive Färbung, welcher unsere trübere Zone nur das einförmige Weiss, Gelb und Blau als herrschende Farbe unserer Blumenwelt entgegenstellen kann, sondern auch die Alpenflora, unter sonst viel ungünstigere Bedingungen gestellt, aber einer Fülle hellen Lichtes ausgesetzt, zeichnet sich durch unerwartete Sättigung ihrer Blüthenfarben aus. Wahrscheinlich hat nicht nur die Intensität der Sonnenstrahlen sondern auch die Farbe des Himmelsgewölbes auf das Gedeihen der Vegetation einen eigenthümlichen Einfluss, und in der That will man beobachtet haben, dass wenigstens die

Aushauchung des Sauerstoffs in rothem und gelbem Lichte nicht, in blauem dagegen ebenso wie in unmittelbarem Sonnenlicht stattfinde.

554. Aeusserst mannigfach abgestuft ist das Wärmebedürfniss der organischen Wesen. Während einige hart an der Grenze beständigen Frostes ausharren, sind andere auf den engen Bezirk der heissesten Zone beschränkt, und vertragen eine Versetzung in kühlere Klimate ebenso wenig, als jene Bewohner der Eiszone in wärmere Länder herabsteigen. So vegetirt Protococcus nivalis auf Schnee, Podurellen leben in den Eisröhren der Gletscher, aber auch heisse Quellen enthalten organische Wesen, Conferven, Galionellen, Oscillatorien und kleine Insecten. Selbst Muscheln fand man in Quellen von 40 — 50° und in der Nähe eines Vulcans den Boden von 79° Wärme mit blühenden Gewächsen besetzt. (Burdach Phys. VI, 569). Wir sind weit entfernt, die Gründe zu kennen, welche die Oekonomie der lebendigen Wesen an diese Bedingungen fesseln, und unter den Extremen derselben ihnen eine Fortdauer ihrer Existenz gestatten. Für die Pflanzen zwar ist es begreiflich, dass ein gewisses Gleichgewicht zwischen der aufsaugenden Kraft der Wurzeln und der Verdunstung eine nothwendige Lebensbedingung bildet. Dieses Gleichgewicht wird gestört, wenn durch Versetzung in ein heisseres Klima zwar die Grösse der letztern, aber nicht die der erstern gesteigert wird. Es wird umgekehrt die Uebertragung einer tropischen Pflanze in kühlere Länder die Verdunstung beschränken, und obgleich hierdurch nicht unmittelbar eine stockende Saftfülle herbeigeführt wird, da die Wurzel kaum mehr aufsaugt, als die Verdunstung entfernt, so wird doch jedenfalls die Geschwindigkeit der chemischen Processe und die Ausarbeitung der Säfte hierdurch gehemmt, und die Pflanzen sterben entweder ab, oder sie erzeugen doch weder die Pigmente der Blüthen in natürlicher Schönheit, noch gelangen sie zur Fruchtbildung oder zur Production der eigenthümlichen Stoffe und Arome, durch die sie in ihrem Vaterlande sich auszeichnen. Aber durch solche Beziehungen ist kaum ein kleines Bruckstück dieser eigenthümlichen Verhältnisse erklärt, ein grosser Theil der Wärmewirkung beruht gewiss auf einem viel unmittelbareren Einfluss derselben auf die chemische Umwandlung der Stoffe. Das Leben der Pflanzen,

in einer beständigen chemischen und morphotischen Fortentwicklung bestehend, bedarf überdies bald einer gleichmässigen, bald für verschiedene Perioden seines Verlaufs einer abwechselnden Temperatur. Die wechsellose Zone der fortwährenden Vegetation kann daher nicht der natürliche Boden für alle Vegetation sein, und wenn manche Pflanzen allerdings an eine gewisse mittlere Temperatur gebunden erscheinen, so ist das Gedeihen anderer dagegen von einem gewissen Verlauf des Wärmewechsels, von dem allmählichen Uebergange der Jahreszeiten in einander, von der Länge der Tage endlich abhängig. Die Geschwindigkeit des Wachsthums wird zwar in gewissem Masse von dem Grade der einwirkenden Wärme bedingt und in Ländern von sehr kurzem aber heissem Sommer ist die Vegetationsdauer einjähriger Gewächse kürzer, als in andern von länger anhaltender geringerer Temperatur; aber nicht alle Pflanzen accommodiren sich diesen Verschiedenheiten gleich willig, und viele sind von jenen Gegenden verbannt, deren kurzer und heisser oder langer aber kühlerer Sommer ihnen nie zur Samenreife zu kommen erlaubt. Die Einsicht in die Wirkung der Wärme auf die Pflanzen wird übrigens nicht nur durch diese vielfach verschiedene, qualitativ abgemessene Weise erschwert, in welcher sie dieselbe verlangen, sondern ausserdem durch die Unmöglichkeit, sie von andern Einflüssen zu trennen, die im Leben der Natur bald mit ihr zusammenwirken, bald sich von ihr trennen. Wir können künstlich den tropischen Pflanzen die Luftwärme ihrer Heimat, aber nicht dieselbe strahlende Wärme und die gleiche Beleuchtung durch directes Sonnenlicht verschaffen, die sie dort genossen, und haben ein Recht, die Verkümmerung, denen sie in unsern Gewächshäusern unterliegen, zum Theil auf diesen Mangel ihrer Lebensbedingungen zu rechnen. Auch auf die Vegetation unserer heimischen Pflanzen wirken neben der Wärme, deren Intensität allein uns leicht messbar ist, dieselben und noch andere viel weniger gekannte Umstände, die Schwankungen des Luftdrucks, die Dunstsättigung der Atmosphäre, endlich ihre electrischen Zustände und deren Wechsel ein, und bringen manche auffallende Erscheinung hervor. So wissen wir zwar, dass zur Entwicklung des Samens nächst der Feuchtigkeit ein bestimmtes Wärmequantum nöthig ist, gleichviel in gewissen

Grenzen, ob diese Menge nach und nach, oder auf kürzere Zeiträume concentrirt einwirkt. Allein wenn es uns auch gelingt, manche Samen durch künstliche Herstellung dieser Bedingungen zu jeder Zeit zur Keimung zu bringen, so misslingt es ebenso constant bei andern, die dagegen zur Jahreszeit ihrer natürlichen Entfaltung sich selbst unter anscheinend weniger günstigen Verhältnissen mit Lebhaftigkeit entwickeln.

555. Auch die Wärmebedürfnisse der Thierwelt sind mit den übrigen Verhältnissen ihrer Organisation nicht durchaus in Einklang zu bringen. Unter den Vertebraten bewohnen grössere Thiere mit massenhaftem Körperbau und grosser eigner Wärmeproduction hohe Breiten und scheinen nur durch Rücksicht auf die Nahrung, die sie hier nicht ausreichend finden können, in der grösseren Mehrzahl ihrer Gattungen an gemässigte Klimate gebunden. Die kleineren nicht homöothermen Thiere verschwinden in den höheren Breiten und entwickeln, wie die Insecten, die grösste Mannigfaltigkeit ihrer Arten in den wärmeren Zonen. Dennoch reichen einige von ihnen in die grössten Höhen der Gebirge hinauf und führen dort ein räthselhaftes Leben. Neben 18 Arten von Insecten sind 13 Arten von Arachniden, am höchsten unter diesen Opilio glacialis, 10,000′ über der Meeresfläche, als beständige Bewohner der Schneeregion in den schweizerischen Alpen beobachtet worden. Welche Nahrung diese Thiere auf den Firneninseln finden, die nur kurze Zeit von Schnee befreit bleiben, ist um so weniger klar, als die Arachniden wenigstens, blutsaugende Raubthiere, von der spärlichen Vegetation dieser Gegenden keinen Gewinn ziehen können. Es scheint, dass sie, angewiesen auf die vom Winde zufällig emporgetriebenen und sterbenden Insecten des Tieflandes, in der kältesten Jahreszeit durch langen Winterschlaf ihr Nahrungsbedürfniss vermindern. Auch die Entwicklung der Käferarten, die man hier findet, scheint einen langen Winterschlaf vorauszusetzen. Als Würmchen aus dem Ei kriechend, dann sich verpuppend, mögen sie ihre Entwicklung langsam, durch häufige monatlange Erstarrung unterbrochen, vollenden und dadurch ihre Lebensdauer auf eine Mehrzahl von Jahren ausdehnen. (O. Heer, üb. d. obersten Grenzen des Lebens in den Schw. Alpen. 1845.) Auch unter den Infusorien finden sich Arten, deren Wärmebedürfniss

äusserst gering ist; selbst im Rückstand des geschmolzenen in rundlichen Stücken umherschwimmenden Eises unter einer Breite von 78° wurden auf der antarktischen Expedition des Cap. Ross über funfzig Arten kalkschaliger Polygastren, ja Coscinodisken mit ihren grünen Ovarien, also sicher lebend (?) und gegen die Extreme strenger Kälte ankämpfend gefunden. (Ehrenberg).

556. Auf welche Weise jedoch ein Leben in diesen Kältegraden möglich sein sollte, ist nicht zu begreifen. Ein Frost, der den Körper so durchdringt, dass er seine Säfte zu Eis verwandelt, muss natürlich jede wirkliche Ausübung der Lebensthätigkeiten unterbrechen; dass er zugleich die Lebensfähigkeit überhaupt vernichte, ist allerdings nicht gleich nothwendig. Es gibt Pflanzen, in deren Zellenräumen im Winter Eiskrystalle sich finden können, ohne ihr Wiederaufleben zu verhindern, während andere bei der leisesten Einwirkung des Frostes zu Grunde gehn. Die gefährlichste Wirkung des Frostes, deren schädlichen Einfluss wir begreifen können, ist die Ausdehnung des erstarrenden Wassers, welche die zarten Zellenwände sprengen und die feinsten Structurverhältnisse vernichten würde, von denen die Möglichkeit der Lebensfunctionen abhängt. Doch dürfen wir die organischen Säfte, deren nähere Zusammensetzung wir freilich nur in höheren Thierklassen kennen, dem Wasser nicht völlig gleichsetzen. Imprägnirt von Salzen und gelösten organischen Stoffen weichen sie vielleicht von der Ausdehnung des gefrierenden Wassers beträchtlich ab. Die Möglichkeit übrigens, dass schnell gefrornes Blut nach dem Aufthauen noch gerinnt, macht es wahrscheinlich, dass die chemische Constitution der organischen Bildungsstoffe durch den Frost keine erhebliche Aenderung erfährt. Ausserdem kann vielleicht im Pflanzengewebe hin und wieder eine lebhafte Verdunstung die Saftfülle mindern und in einen Theil der Zellenräume Luft eintreten lassen; auf ähnliche Weise kann der wenig voluminöse Körper niederer Thierklassen durch Verdunstung seine Säfte verringern, ehe der Frost ihn durchdringt, und die ausgetrocknete Substanz der Gewebe vermöchte dann der Kälte ebenso wie der trockne Same der Pflanzen zu widerstehen. Diese Verhältnisse finden sich jedoch nicht bei Wasserthieren, und so müssen wir nicht nur die Wiederbelebung die man einigen Fischen nach völliger Durchfrierung zuschreibt, sondern auch

die Lebensfähigkeit der Infusorien im Eise bezweifeln. Eigenthümliche Verhältnisse müssen allerdings obwalten, um auch nur das Leben jener kleinen Insecten auf dem Eise der Gletscher möglich zu machen und es ist noch unerklärlich, woher bei ihnen eine Wärmeproduction rühren kann, die den Wärmeverlusten unter so niedrigen Temperaturen das Gleichgewicht zu halten vermag.

557. Der wachsenden Kälte entziehen sich viele Thiere theils durch Wandrung, theils durch Winterschlaf, eine Anzahl der niederen Klassen dagegen stirbt während des Winters ab und die Fortpflanzung ihrer Gattung geschieht nur durch Eier oder Puppen, die meist noch in die wärmende Erde eingebettet, der Kälte mit grösserer Kraft widerstehen. Die Wanderungen, die wir hauptsächlich an Zugvögeln, aber auch an Fischen und Säugethieren beobachten, können freilich nicht durchgängig als unmittelbare Wirkungen des Wärmebedürfnisses angesehen werden; sie mögen zum grossen Theil durch den Nahrungsmangel bedingt sein, der für die Vögel mit dem winterlichen Absterben der Vegetation sowohl als der niedersten Thiergeschlechter eintritt; in andern Fällen mögen Zwecke der Fortpflanzung das Aufsuchen passender Klimate nöthig machen. Die Rückkehr der Vögel aus wärmeren Zonen in unser Klima, anderer aus diesem in noch nördlichere Gegenden zeigt allerdings, dass sie der grösseren Hitze ebenso als der Kälte zu entgehen suchen, und da jede Gattung an einen Wanderungsbezirk von gewisser Weite gebunden ist, so scheint das Bedürfniss einer gewissen mittleren Temperatur eine der Hauptbedingungen ihres Ortswechsels zu sein. Aber hier, wie bei so vielen andern Lebensäusserungen, die auf einen Wechsel der äussern Umstände berechnet sind und sich diesem anschliessen sollen, sind doch diese Umstände selbst nicht die einzigen zwingenden Reize, auf deren Eintritt erst jene Aeusserungen folgen. Um vielmehr durch die äussern Bedingungen zu so bestimmten Lebensthätigkeiten genöthigt werden zu können, scheint in der Oekonomie der Thiere eine umfassendere Einrichtung vorhanden zu sein, welche den Trieb zu der Wanderung zwar zur Zeit des Eintretens der Kälte hervorbringt, aber nicht nothwendig auf den Reiz derselben wartet. Zugvögel werden auch in warmer Temperatur des Zimmers und bei reichli-

cher Nahrung um die Zeit ihres Wanderns unruhig, selbst wenn sie sehr jung und noch nie gewandert sind; auch kehren sie häufig bei Temperaturen zurück, die niedriger sind, als die ihres Abzugs. Es steht dahin, ob man diese zeitweilig erwachenden Triebe als periodische Lebensfunctionen fassen soll, die aus der allgemeinen Verkettung der Lebensprocesse selbst mit Nothwendigkeit zu bestimmten Zeitpunkten hervorgehn, oder ob man annehmen soll, dass sie durch äussere physische Reize allerdings angeregt werden, die an sich selbst unserer Beobachtung entgehn und nur unvollkommen an den mit ihnen stets verbundenen und für uns allein bestimmbaren Schwankungen der Temperatur gemessen werden können.

558. Ganz ähnliche Verhältnisse zeigt der Winterschlaf, der bei Vögeln wahrscheinlich nie, ganz allgemein dagegen bei Amphibien und sehr häufig bei Säugethieren vorkommt. Unter den Mollusken halten einige Winterschlaf, wie die Schnecken, die ihr Gehäus mit einer erstarrenden Schleimschicht verschliessen; andere, wie Limnaen, bleiben selbst unter dem Eise wach. Unter den Insecten schlafen die meisten Käfer, andere, wie Podura nivalis und Chionaea araneoides leben im Freien; von den Fischen erstarren einige, sowohl im süssen Wasser, als im Meere. Nicht überall ist der Winterschlaf eine so tiefe und den ganzen Winter anhaltende Lethargie, wie bei den in der Erde lebenden Insecten oder dem Murmelthier; Thauwetter und zeitweiliges Nahrungsbedürfniss unterbricht ihn bei vielen Thieren. Sein Eintritt ist für verschiedene Klassen an verschiedene Temperaturen geknüpft, und eben so verschieden ist seine Dauer. Meist bei einer Wärme von einigen Graden über Null suchen die Thiere bald einzeln bald gesellig schützende Lager in Höhlen, Erdgruben, kleinere Gattungen unter Steinen und Laubbedeckung auf; andere graben sich tief ein und bauen ihre Wohnung, in der sie zum Theil Nahrungsvorrath aufspeichern, mit Kunst aus. In diesen Zufluchtsörtern befinden sie sich stets in einer Temperatur, welche den Frostpunkt übersteigt, und verfallen nun, entweder keine oder nur in seltenen Augenblicken Nahrung zu sich nehmend, in jene Lethargie, die alle äusserlich sichtbaren Lebensprocesse aufhebt. Meist zusammengekugelt oder geringelt, liegt der Körper; unempfindlich für Verletzungen, lässt er gleich

einem leblosen Balle sich rollen; die Pupille ist bei dem Murmelthiere unbeweglich im Licht, seine Geruchsnerven werden nur langsam von ätzendem Ammoniak gereizt; die Circulation wird träge und auf der Höhe des Schlafes folgen sich nur in langen Pausen schwache Herzschläge; die Respiration sinkt auf ein Minimum; zuletzt hören die Athembewegungen ganz auf und der geringe Gaswechsel, der noch stattfindet, geschieht nur durch die langsame Diffusion der Lungenluft mit der umgebenden Atmosphäre; die Verdauung ist sistirt und nur träge sammeln sich einige Secrete, um bei dem Erwachen ausgeleert zu werden. Nächst den sympathischen Nerven des Herzens scheint von den Centraltheilen nur die Medulla oblongata noch in Thätigkeit und bringt bei eintretender äusserer Wärme durch schnell beschleunigte Athmung und Circulation die Lebensfunctionen wieder in Gang.

559. Die ganze Verschiebung der thierischen Oekonomie, die während des Winterschlafs stattfindet, ist noch sehr ungenügend erklärt. Der Schlaf kommt namentlich unter den Säugethieren bei Gattungen und Arten vor, deren Organisation sich durch keinen gemeinsamen und erheblichen Zug von dem Baue jener andern unterscheidet, denen er fehlt. Zwar ist es von mehreren dieser Thiere wenigstens bekannt, dass sie auch sonst gegen den Einfluss verminderter Temperatur sehr empfindlich sind; Igel und Murmelthiere sterben, wenn sie wachend der Winterkälte oder im Sommer einer künstlichen Temperatur von — 8° ausgesetzt werden; bei + 14° sinkt die Temperatur des Murmelthiers von 29° auf 25°, bei + 5° auf 21°, die des Igels auf 11°, der Fledermaus auf 10°. Aber eben diese Unfähigkeit zur Homöothermie durch innere Wärmeproduction lässt sich mit keiner auffallenden Eigenthümlichkeit ihrer übrigen Organisation zusammenstellen. Anderseits kann auch hier die Kälte allein nicht die Ursache des Schlafs sein. Die Insecten suchen zum Theil an den schönsten Herbsttagen bei einer Wärme von 11° ihr Winterlager auf, beziehen es dagegen noch nicht, wenn ungewöhnlich früh Kälte eintritt, und erwachen bei einer niedrigeren Temperatur, als diejenige war, bei der sie erstarrten. Den Winterschlaf des Siebenschläfers hat man bei einer Lufttemperatur von + 12° beginnen, aber im Frühjahr bei — 9° en-

digen sehen. Umgekehrt suchen einige Insecten kurz vor plötzlich eintretender Kälte ihr Winterlager auf, durch irgend ein Vorgefühl, aber noch nicht durch die wirkliche Verminderung der Temperatur getrieben. Endlich scheinen viele Thiere nur in der künstlich hergestellten, den Frostpunkt übersteigenden Temperatur ihrer Höhlen schlafen zu können; grössere Kälte erweckt sie und tödtet sie entweder bald, oder nöthigt sie, durch Nahrungsaufnahme und alle Mittel des wachen Lebens eine grössere Eigenwärme zu erzeugen. Zwar dieser letztere Umstand ist nicht ohne anderweitige Analogie. Ein Organ, dessen Function fast gelähmt ist, kann durch ein plötzliches Anwachsen selbst des lähmenden Druckes, sofern dies überhaupt als ungewohnter Reiz wirkt, momentan erregt werden, freilich nur, um unmittelbar darauf tiefer zu leiden. Aber die übrigen erwähnten Umstände führen auch hier, wie bei der Wanderung der Zugthiere zu der Annahme zurück, dass eben die Bedürfnisslosigkeit der Thiere, die im Schlafe zu einer Zeit eintritt, wo ihnen ihre natürlichen Nahrungsmittel fehlen würden, der eigentliche Mittelpunkt dieser auffallenden Vorgänge ist, und dass mit Rücksicht hierauf ihre Organisation zu einer periodischen Lethargie, wie dort zum Wanderungstriebe eingerichtet ist. Die äussere Kälte wird zwar mit den Perioden, in denen der Schlaftrieb auftritt, zusammenfallen und ohne Zweifel einer der wichtigsten Einflüsse sein, welcher die nöthige Umgestaltung der Lebensprocesse schnell vollendet, doch nicht ohne dass diese durch eine innere unabhängige Periodicität ihm entgegenkommen.

560. So lange wir nur menschliches Leben im Auge haben, fällt es uns freilich schwer, an eine solche periodische Wiederkehr gleicher Lebensphasen aus inneren Gründen zu glauben; unmittelbare Selbstbeobachtung wenigstens lehrt uns in unsern Functionen keine so auffallenden gesetzmässigen Schwankungen mit hinlänglicher Bestimmtheit kennen. Aber die Lebensweise der Thiere enthält ihrer viele. Die Zeit der Brunst, der Wechsel der Epidermidalgebilde in der Mauser und den mannigfachen Formen der Häutung sind ohne Zweifel keine unmittelbaren Producte äusserer Reize, obgleich sie in unsern Klimaten mit bestimmten Jahreszeiten zusammenfallen. Sie mögen von diesen in derselben Weise abhängig sein, wie ja auch das Samenkorn

der Pflanze der Wärme und des Wassers bedarf, die doch die Form des entstehenden Gewächses nicht bestimmen. Ja selbst in dieser Weise scheinen die äussern Einflüsse hier machtloser zu sein, denn während sie durch ihre Ungleichförmigkeit das Erwachen der Vegetation in ziemlich weiten Grenzen beschleunigen oder verzögern, vermögen sie nicht, die Zeitpunkte jener thierischen Entwicklungsphasen gleich weit zu verrücken. Es ist daher wohl möglich, dass die Zeiträume der Geschlechtsthätigkeit, der Mauser, der Wanderung oder des Winterschlafs durch eine Reihe von physiologischen Processen so untereinander verbunden sind, dass diese inneren Ursachen einen nach dem andern herbeiführen, zwar auf zweckmässige Weise mit dem Wechsel der äussern Bedingungen zusammentreffend, doch nicht in einem einfachen und unverwickelten Causalnexus an diese gebunden. Man kann hiermit jenen periodischen Schlaf der Blüthen vergleichen, von denen einige zwar, meteorische nach Linné, in ihrem Oeffnen und Schliessen von veränderlichen atmosphärischen Bedingungen abhängen, andere, tropische genannt, an Aufgang und Untergang der Sonne, und somit an die Veränderlichkeit der Tageslänge gebunden sind, während endlich die dritten, aus ihrem Vaterland in Gegenden von verschiedener Tageszeit gebracht, unter den ganz veränderten äussern Bedingungen doch um dieselbe Stunde sich öffnen oder schliessen, die sie in ihrer Heimat inne hielten.

561. Kehren wir zu dem Einflusse der Temperatur zurück, so ist es merkwürdig, dass trockene Hitze eine Anzahl von Thieren in eine dem Winterschlafe sehr analoge Lethargie versetzt. Eine gewisse Erschlaffung der Lebensthätigkeit ist bei sehr hohen Temperaturen auch an den höchsten Thierklassen leicht zu beobachten. Unter den Wirbelthieren sind es jedoch besonders die Krokodile und Riesenschlangen Südamerikas, die diesem Einfluss unterliegen. Wenn die Flächen der Llanos während der regenlosen Zeit gänzlich austrocknen, vergraben sie sich in den ausdorrenden Schlamm und verfallen in ihm, dessen Temperatur auf mehr als 40° steigt, in einen Scheintod, aus welchem sie plötzlich die Nässe der Regenzeit wiedererweckt. Diese Erscheinung ist um so auffallender, als dieselben Thiere unter andern klimatischen Verhältnissen, wo sie in nassen, beschatte-

ten Brüchen und Lachen leben, eine Neigung zu ähnlicher Lethargie nicht verrathen. Auch die Weinbergschnecken zeigen bei grosser Dürre ein verwandtes Verhalten. Sobald das Erdreich sehr trocken wird, befestigen sie sich vermittelst einer seidenartigen, elastischen und kreisförmigen Binde, deren Materie von der Peripherie des Halskragens ausgesondert wird, an einen nahen Körper, ziehen den Fuss darunter zurück und bleiben so während der ganzen Dauer der Dürre kleben. Bei dem mindesten Regen, selbst schon bei blossem Thau, setzen sie sich wieder in Bewegung. Ob eine völlige Eintrocknung des Körpers in irgend einer Thierklasse die Lebensverrichtungen aufheben kann, ohne die Fähigkeit des Wiederauflebens nach späterer Befeuchtung zu zerstören, wie dies früher von Räderthierchen erzählt wurde, lässt sich nicht entscheiden; sichere Beispiele fehlen eben *so sehr* wie für die Wiederbelebung völlig durchfrorner Thiere.

562. Ueber das Luftbedürfniss der Organismen haben wir wenig hinzuzufügen. Bei der grossen Gleichförmigkeit, die in der Zusammensetzung der Atmosphäre herrscht, fehlt Pflanzen und Thieren die nöthige Fülle dieses Lebensreizes in den seltensten Fällen. Grosse Anhäufungen von Kohlensäure, die in einzelnen beschränkten Localitäten dem Boden entströmt, und vermöge ihrer Schwere sich seiner Oberfläche entlang verbreitet, sind natürlich dem thierischen Leben feindlich und so mögen auch die dichtesten Wälder, deren Grund dem Sonnenstrahl unzugänglich ist, durch dieses Product des vegetabilischen Gaswechsels das Dasein kleinerer Thiere gefährden, die bei intensivem Respirationsbedürfniss doch an der Oberfläche des Erdbodens zu leben bestimmt sind. Dieses Bedürfniss selbst ist bekanntlich sehr verschieden in verschiedenen Thierklassen, und man hat längst versucht, die Menge des Sauerstoffs zu bestimmen, die in gleichen Zeiten eine Gewichtseinheit der Körpermasse in den einzelnen Ordnungen verzehrt. Die Athmung der Vögel fand man am intensivsten und beinahe doppelt so gross als die der Säugethiere, während die der Amphibien etwa den zehnten Theil der letztern beträgt, die Respiration der Insecten dagegen mit grösseren Schwankungen bald der der Säugethiere, bald der der Amphibien sich anschliesst. Diese Beobachtungen sind noch nicht zahlreich genug, um ihre Resultate in einen genügenden Zusammenhang

mit den übrigen Lebensfunctionen jeder Klasse zu bringen. Der Stoffwechsel der Amphibien ist allerdings so langsam, ihr Nahrungsbedürfniss so gering, dass Schildkröten z. B. Monate lang hungernd sich am Leben erhalten; ihre Wärmeerzeugung ist ebenfalls nicht bedeutend, und so scheinen die beiden Hauptgründe der Respiration bei ihnen nur in untergeordnetem Masse wirksam. Daher konnten die Erzählungen Glauben finden, dass Thiere dieser Klassen in festem für die Luft undurchgängigem Gestein eingeschlossen lebend gefunden und nach ihrer zufälligen Befreiung lebend erhalten worden seien. Organisirt zu langer Entbehrung der Nahrung und zu kärglicher Respiration während des Winterschlafs, mögen sie allerdings auch in poröse Erdschichten eingeschlossen, sich ungewöhnlich lange am Leben erhalten können. Die intensive Athmung namentlich fliegender Insecten lässt sich mit der grossen Thätigkeit ihres Muskelapparates und den bedeutenden Wärmeverlusten zusammenstellen, denen ihr kleiner Körper ausgesetzt ist; wogegen die ausserordentliche Höhe des Athmungsbedürfnisses der Vögel in den gleichen Verhältnissen kaum einen hinlänglichen Grund findet. Am wenigsten würden wir, so lange nicht bestimmte Erfahrungen den Beweis liefern, bei der höchst verschiedenen Lebensweise der einzelnen Gattungen dieser Thierklasse, die Annahme einer gleichen Respirationsgrösse für alle wahrscheinlich finden. Der Kolibri, der in beständiger zitternder Bewegung über den Blüthen schwebt, der Raubvogel, zu schnellem, anstrengenden Fluge bestimmt, die Fettgans und die Schar der Schwimmvögel, diese alle können unmöglich in ihrer Muskelbewegung oder ihren Wärmeverlusten einen Grund zu gleich energischer Athmung haben. Noch ferner unsern bisherigen Beobachtungen steht der Mechanismus der Wasserathmung und die Oekonomie der Bedürfnisse, die durch die Respiration mit Kiemen oder durch die Hautoberfläche gedeckt werden. Der nothwendige Zutritt der atmosphärischen Luft und die Unfähigkeit des ausgekochten Wassers, Thiere zu erhalten, beweist indessen, dass mit vielfachen Abstufungen das Bedürfniss der Sauerstoffaufnahme im Thierreich ein allgemeines ist.

563. Die Abhängigkeit des Lebens vom **Wasser** tritt besonders auffallend in den Pflanzen hervor, die an den Boden gefesselt das fehlende Element nicht aufsuchen können. Durch die

Menge des fallenden Regens, noch mehr durch den beständigen Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre und des Bodens werden daher manche Pflanzengattungen auf engere Verbreitungsbezirke beschränkt, als ihnen die Rücksicht auf Wärme allein anweisen würde. Ihr Wasserbedürfniss ist sehr verschieden; auf dem glühenden Boden der Ebenen Mexicos begnügen sich während der regenlosen Zeit mit nächtlichem Thau und streifenden Nebeln die saftreichen Cacteen; in dunstsatter Wärme auf feuchtem Boden entwickeln die Pilze ihre eilige Vegetation; tropische Orchideen saugen durch Luftwurzeln die Feuchtigkeit der Atmosphäre ein, andere Pflanzen senken ihre Wurzeln unmittelbar in die tropfbare Flüssigkeit, die meisten empfangen die wässrigen Dünste condensirt durch den porösen Erdboden. Zum Theil *allerdings* bildet das Wasser einen Nahrungsstoff der Pflanzen, *allein es tritt* durch ihren Körper in so ausserordentlichen Mengen hindurch, dass sein Werth für ihre Oekonomie noch in andern Beziehungen bestehen muss. Abkühlung durch Verdunstung und Lösung auszuführender Producte des Stoffwechsels, die Zwecke des Wasserverbrauchs in der Thierwelt, kommen auch im Leben der Pflanze vor; es ist wenigstens wahrscheinlich, dass auch ihre Gasentwicklung an das Vehikel wässriger Dämpfe gebunden ist. Doch motiviren beide Zwecke die grossen Wassermengen schwerlich, die unzersetzt und unbeladen mit Auswurfsstoffen durch den Pflanzenkörper hindurchgehen. Die ausserordentliche Verdünnung jedoch, in welcher sich ihre Nahrungsstoffe, Kohlensäure, Ammoniak und einzelne Salze in der Feuchtigkeit des Erdbodens aufgelöst vorfinden, erklärt die grosse Menge des Wassers, das um ihretwillen mit aufgenommen, dann aber, um das assimilirbare Material zu concentriren, durch Verdunstung wieder ausgeschieden werden muss. Mannigfache Beobachtungen zeigen übrigens, dass, wie die Wärme nur in abgemessenen Abwechselungen, so auch diese Nahrungsstoffe auf die Pflanzen nur in gewissen Concentrationsgraden günstig einwirken, in welchen sie mit der Schnelligkeit ihrer möglichen Verarbeitung durch den Assimilationsprocess in richtigem Verhältniss stehen. Die Grösse der Wasseraufnahme ist daher nicht nur ein unvermeidliches Uebel, sondern in den Vegetationsplan des Ganzen mit aufgenommen, und es ist leicht möglich, dass selbst abgesehn von aller chemischen Benutzung

die blosse mechanische Bewegung des Saftlaufs und der Verdunstung dem Gestaltungsprocess Antriebe mittheilt, die wir nicht näher zu bestimmen vermögen.

564. Wir haben im Einzelnen die Wirkungen kurz bezeichnet, welche die Einflüsse der kosmischen Kräfte auf die Organisation ausüben. War es unmöglich, diese Wirkungen in ihrem bestimmteren Hergange zu characterisiren, so sind wir bei einigen, deren wir deshalb noch nicht gedacht haben, nicht einmal im Stande, den Thatbestand der Veränderungen, die ihrem Einflusse folgen, physiologisch zu characterisiren. Wer den schnellen Fortschritt der Vegetation nach den ersten Frühlingsgewittern beobachtet hat, wird nicht läugnen, dass die verschiedenen elektrischen Verhältnisse des Luftkreises und des Erdbodens und die damit verknüpften eigenthümlichen Zustände des Wasserdunstes in der Atmosphäre einen bedeutenden Einfluss auf die bildende Thätigkeit der Pflanzen haben. Aber obgleich man aus einer Reihe von Gewächsen, deren Blätter und Blüthen sich durch eigenthümliche Bewegungen und Lagenveränderungen besonders empfindlich gegen diese Einflüsse und gegen die des veränderten Luftdruckes zeigen, eine Art Pflanzenbarometer, der Blumenuhr ähnlich, construirt hat; obgleich ferner zahlreiche Beobachtungen von Vorgefühlen des Witterungswechsels auch bei Insecten und andern Thieren eine gleiche Reizbarkeit für diese feinen Einwirkungen glaubhaft machen: so wissen wir doch weder, in welcher Gestalt eigentlich diese Reize den Organismus angreifen, noch welches ihre nächsten Folgen sind, am wenigsten, wie weit ihr Einfluss als wesentlich in den Plan des Lebens aufgenommen ist. Allerdings haben üppige Phantasien die Electricität und das Mondlicht als gewaltige Hebel weniger des thierischen, als des pflanzlichen Lebens darzustellen versucht; aber vorsichtige Beobachtungen haben bisher keine entscheidenden Resultate geliefert. Noch viel schwieriger aber, als die Bestimmung dieser kosmischen Einzelwirkungen, würde der Versuch sein, aus der Summe ihrer zusammentreffenden Einflüsse, denen das Leben beständig ausgesetzt ist, die periodischen Umgestaltungen desselben genügend zu erklären. Wir überlassen deshalb einer späteren Anführung alle jene Schwankungen der Lebensthätigkeiten, die in täglichen, monatlichen, jährlichen oder längeren Zeiträumen wiederkehrend, ohne Zweifel mit eben so periodischen Con-

stellationen der äussern Umstände zusammenhängen, aber nur höchst fragmentarisch auf sie zurückgeführt werden können.

565. So wie der Begriff der Jahreszeiten, so enthält auch der des Klima eine grosse Mannigfaltigkeit zusammenwirkender Umstände, deren vollkommne Uebersicht noch lange nicht von der Wissenschaft erreicht werden wird. Kaum kann es einen Gegenstand geben, dessen Betrachtung anregender wäre, als dieses Ineinandergreifen der allgemeinen Weltkräfte, unter deren feinen Verwicklungen sich die Erscheinungen des Lebens mit ebenso wunderbarer Fülle als Gesetzlichkeit entwickeln. Aber es ist unmöglich, die Grenzen unserer Darstellung so weit auszudehnen, dass sie auch das noch umfasste, was vorläufig nur als Weltbeschreibung, als ein Gemälde des organischen Lebens auftreten könnte. Dies aber müssen wir von der Mehrzahl jener anziehenden und durch die Weite ihres Gesichtskreises bezaubernden Anschauungen sagen, welche die Verbreitung der Organismen über die Erdfläche und ihre Geschichte im Verlaufe der Umwälzungen des Erdballs zu schildern suchen. Allerdings hat namentlich die Geographie der Pflanzen durch scharfsinnige Untersuchungen der neuern Zeit Gesichtspunkte gewonnen, die ihren streng wissenschaftlichen Character ausser Zweifel stellen. Insulares und continentales Klima, die geographische Breite, nach der sich die Tageslänge und der Wechsel solarer Bestrahlung mit dem Dunkel richtet, die Linien der Isothermen und die der gleichen Sommer- und Wintertemperatur, die Gestalt der Curven, welche den Wärmewechsel eines besondern Ortes darstellen, die Höhe über der Meeresfläche und ihre Beziehung zu analogen Verhältnissen höherer Breiten, die Eigenthümlichkeiten der Alpen und Steppen, alle diese und ähnliche Elemente sind in ihrer Wichtigkeit für die Verbreitung der Pflanzen hinlänglich festgestellt. Aber durch alle diese Bemühungen sind viele einzelne Eigensinnigkeiten der Natur noch nicht aufgeklärt, und nirgends endlich ist es uns möglich, über das blos Factische der gewonnenen Resultate weit hinauszugehen. Die Wissenschaft ist genug bereits ausgebildet, um die Voraussetzung einer vorhandenen Gesetzlichkeit der Pflanzenvertheilung zu bestätigen, und in ziemlichem Umfang selbst die bestimmten Gesetze derselben nachzuweisen; aber unmöglich ist noch die Erklärung der physischen Gründe, welche die be-

stimmte Organisation jeder einzelnen Gattung gerade auf die engbegrenzten Verhältnisse beschränken, in denen sie allein gefunden wird, oder ihr eine Biegsamkeit erlauben, sich veränderlichen Bedingungen in weiter Verbreitung über den Erdboden anzupassen. Auch in Beziehung auf die Thierwelt ist die physiologische Beurtheilung ihrer Beziehungen zur übrigen Natur noch in ihren Anfängen begriffen. Lässt uns die Abhängigkeit der Thiere von besondern Formen der Nahrung und ihre Wärmeökonomie wenigstens für die höhern Klassen eine baldigere Einsicht in die Gründe ihrer Verbreitungsbezirke hoffen, so ist anderseits ihre Lebensweise in so viel höherem Masse, als die der Pflanzen, verschieden, dass wir wegen Unkenntniss dieser mitbestimmenden Bedingungen auch hier nur den Anfang der Arbeit von einer vergleichenden Physiologie zu erwarten haben.

§. 47.

Der Stoffverkehr zwischen den Organismen und der Aussenwelt.

566. Fallende Blätter und absterbende Stengel und Wurzeln führen dem Erdboden fortwährend kohlenstoffreiche Massen zu, die allmälich sich anhäufend und einem langsamen Zersetzungsprocess unterliegend, die Dammerde oder den Humus bilden, dessen verschiedenartige organische Bestandtheile, erst seit kürzerer Zeit ausführlicher bekannt, von Vielen für die natürliche Nahrung neuer Pflanzen gehalten wurden. Vergleichen wir jedoch die ausserordentlichen Mengen kohlenstoffreicher organischer Substanz, die dem Culturland Jahr aus Jahr ein durch die Ernte der Früchte, der Stengel und unterirdischer Knollen entzogen werden, mit dem sehr spärlichen Wiederersatz, der ihm durch künstliche Düngung zugeführt wird, so zeigt sich, dass die oft verhältnissmässig dünne und arme Schicht von Humus, die seit Jahrhunderten schon derselben Cultur dient, längst vollkommen erschöpft sein müsste, wenn sie in der That das Nahrungsmaterial der Pflanzen liefern sollte. Nach Schleidens ausführlicher Darstellung dieses Vergleichs (Botanik II, 442 ff.) kann kein Zweifel darüber obwalten, dass die unverhältnissmässig grössere Menge der Pflanzennahrung von der Kohlensäure der Luft herrührt, die vom Wasser absorbirt, den Boden stets neu

durchdringt und durch die Wurzelfasern aufgenommen, zu organischen Stoffen erst verarbeitet wird. Es ist deshalb nicht unmöglich, in einem Boden, der völlig frei von organischen Substanzen ist, einige Pflanzen zu erziehen, und gewiss dient der Humus der Ernährung der Pflanzen zuerst durch seine lockere poröse Beschaffenheit, welche das Eindringen des Wassers leicht gestattet, und durch seine Fähigkeit, das Eingedrungene festzuhalten und die Gase der Luft zu condensiren. Dies schliesst nicht aus, dass andere Pflanzen auch in chemischer Rücksicht seine Gegenwart verlangen, und dass die Auflösung gewisser löslicher organischer Bestandtheile desselben für sie ein nothwendiges Bedürfniss ist, sei es, um unmittelbar einen Nahrungsbestandtheil zuzuführen, oder um mittelbar der Assimilation der unorganischen Verbindungen eine bestimmte Richtung zu geben. Daher überziehen einige einfache niedere Pflanzen, wie Parmelien, Lecideen und andere schon die nackten Felsklippen, und erzeugen ihre Kohlenhydrate aus der Kohlensäure und dem Wasser der Luft, ihre stickstoffhaltigen Bestandtheile aus dem sparsamen Ammoniak oder vielleicht unmittelbar aus dem Stickstoff der Atmosphäre; andere höhere Pflanzen dagegen mit tiefen Wurzeln fein verästelt eindringend, verlangen nicht nur lockeren Untergrund, sondern namentlich auch für die Erzeugung ihrer stickstoffhaltigen Bestandtheile die natürliche Gegenwart oder die künstliche Zufuhr düngender Stoffe.

567. Im Ganzen sind jedoch die organischen oder organisirbaren Substanzen, welche die verschiedenen Pflanzengattungen zu ihrem Wachsthum voraussetzen, sehr gleichartig. Ausser den echten Parasiten, die unmittelbar die zubereiteten Säfte anderer Gewächse saugen, gibt es nur wenige Pflanzen, die als Hysterophyten nur auf einem Boden gedeihen, welcher eben erst sich zersetzende Reste früherer Organisationen enthält. Zu ihnen gehören zum Theil die Pilze und mannigfache Schimmelbildungen. Die Schwierigkeit, manche Culturpflanzen längere Zeit hindurch auf demselben Boden zu erziehen, kann theils auf einer Erschöpfung seiner ihnen nothwendigen unorganischen Bestandtheile, theils vielleicht auch auf einer Durchdringung desselben mit Abscheidungsstoffen bestehen, die für die weitere Unterhaltung derselben Organismen, von denen sie als unbrauchbar abgesondert

wurden, schädlich sind. Doch sind diese Wurzelsecretionen bisher nicht nachzuweisen gewesen. In Bezug auf die unorganischen Bestandtheile des Bodens haben verschiedene Pflanzen verschiedene Bedürfnisse, deren Aufzählung wir jedoch der angewandten Botanik überlassen müssen. Die Tauglichkeit einer Bodenart für eine Pflanze richtet sich nicht nur chemisch nach ihrem Gehalt an den mineralischen Salzen, welche in die Structur derselben überzugehen bestimmt sind, sondern auch nach den mechanischen Vortheilen, die ihre Mischung der Aufsaugung gewährt. Eine bestimmte Kraft, Wasser zu condensiren und festzuhalten ist ebenso nothwendig als ein begrenzter Grad der Erwärmungsfähigkeit und der Wiederausstrahlung. Aus derselben Atmosphäre condensirt in gleicher Zeit und auf gleiche Oberfläche ausgebreitet eine Gewichtsmenge Humus 120 mal, Gartenerde 52 mal, Ackererde 23 mal so viel Wasser, als die gleiche Gewichtsmenge Gypserde; sandiger Untergrund lässt das Wasser durchsickern, wogegen thoniger es festhält; die verschiedene Farbe des Bodens, abhängig grösstentheils von dem Gehalt an organischen Resten, bestimmt seine Erwärmung, die bedeutend höher bei schwarzer Oberfläche ist. Nach allen diesen Beziehungen hin zeigt sich eine Vorliebe einzelner Pflanzengattungen für verschiedene geologisch characterisirte Standorte, deren Verwitterungsproducte ihnen bald ausschliesslich, bald doch wenigstens überwiegend vortheilhaft ihre Lebensbedingungen gewähren.

568. Die Nahrung der Thierwelt, die zuerst ziemlich mannigfaltig erschien, ist nach den Fortschritten der Chemie in neuerer Zeit auf einige einfache Kategorien gebracht worden. Bestimmte Mengenverhältnisse von eiweissartigen Körpern, Kohlenhydraten und Fetten sind für alle höheren Thierklassen die vortheilhafteste Combination der Nahrungsstoffe. Keine einzelne dieser Stoffgruppen kann für sich allein genossen, das Leben längere Zeit unterhalten, obgleich die Fähigkeit der Assimilation, die eine in die andere überzuführen, 'doch grösser zu sein scheint, als sie vor Kurzem noch angenommen wurde, Allein diese Aufzahlung der drei Stoffe, die sich freilich in der Milch vereinigt finden, und welche mit einem merkwürdigen Instinct auch die Kochkunst überall zu vereinigen strebt, umfasst lange nicht alles Eigenthümliche der thierischen Ernährung. Abgesehen davon, dass

der Leistungen auch aus der Aufsuchung der Speise hervor. Eine andere Organisation bedarf das Raubthier, das vom Hunger getrieben, weite Strecken nach einer gleich flüchtigen Beute durcheilt, eine andere das Insect, das die Nectarien durchsichtiger Blüthen heimsucht. Wie sehr die Lebensereignisse, in welche hinein die Befriedigung dieses Bedürfnisses führt, den ganzen Horizont des Daseins bestimmen, ihn bald erweitern, bald verengen, bald ihm eine eigenthümliche Färbung verleihen: Alles das wird uns verständlich, wenn wir innerhalb des menschlichen Geschlechts die Verschiedenheit der Jägervölker und der Nomaden von den sesshaften ackerbautreibenden Nationen überblicken, und gleiche Unterschiede der Stimmung und der eigenthümlichen Farbe des Lebensgenusses würden uns entgegentreten, wenn wir uns lebhafter in die abweichenden Formen der Existenz versetzen könnten, in denen verschiedene Thierklassen bald mit Gewalt, bald mit versteckter List ihrer wunderbar mannigfaltigen Instincte sich die Befriedigung ihres Nahrungsbedürfnisses zu verschaffen wissen. Aber von dem Gemälde dieser merkwürdigen Verhältnisse, deren Einzelheiten unsere Darstellung nicht zu umfassen vermöchte, müssen wir unsern Blick abwenden, um einigen allgemeineren Beziehungen, die unserer Betrachtung näher stehen, noch einige Aufmerksamkeit zu schenken.

571. Ueberblicken wir den gesammten Stoffverkehr, der zwischen dem Kreise des Lebendigen und der unorganischen Natur stattfindet, so sehen wir zwar nicht, dass ein ursprünglich belebter oder dem Leben dienstbarer Stoff in allerhand Verwandlungen sich doch gleich bleibend, durch alles Organische sich hindurchzöge und durch seine einmal vorhandene Menge auch das Maximum möglichen organischen Daseins bestimmte; wohl aber sehen wir, dass in einem beständigen Kreislauf die für das Leben benutzbaren Stoffe von ihm aufgenommen und ausgeschieden werden, um zu neuen Formen zu dienen. Die Vergänglichkeit aller lebendigen Individuen, die ihnen nie gestattet, durch unablässiges Wachsthum zu grosse Mengen lebensfähiger Stoffe zu ihrem Dienst zu zwingen, lässt stets in die allgemeine Natur Substrate genug wieder übertreten, um eine unendliche Mannigfaltigkeit gleichzeitiger und successiver Bildungen möglich zu machen. Aus der Kohlensäure der Luft, dem Ammoniak und dem Wasser

erzeugen die Pflanzen jene Gruppe von Stoffen, die die erste Grundlage aller thierischen Ernährung bildet und hauchen dafür Sauerstoff aus; umgekehrt verzehrt die Thierwelt den Sauerstoff und ersetzt durch die Respiration dem Luftkreise wieder, was er an Kohlensäure durch die Thätigkeit der Vegetation verlor. Es würde unnöthig sein, berechnen zu wollen, wieweit der Vorrath von Kohlensäure, den die Gesammtheit der Atmosphäre enthält, zur Unterhaltung der Pflanzenwelt hinreiche und bis zu welchem Masse ihr der Verlust an Kohlensäure durch die Thierwelt vergütet wird; es sind keine Beobachtungen von leidlicher Genauigkeit als Grundlage solcher Berechnungen möglich. In früheren Zeiten der Erdbildung hat ohne Zweifel die Lebhaftigkeit der Vegetation den Zustand der Atmosphäre dauernd verändert; sie hat aus dem kohlensäurereichen Dunstkreis eine Menge von Kohlenstoff angezogen und ihn in Gestalt der Stein- und Braunkohle, überrascht durch Umwälzungen der Erdrinde abgelagert. Jahrtausende lang unbenutzt und verloren für den Stoffwechsel an der Oberfläche werden diese dislocirten Massen erst jetzt durch menschliche Thätigkeit dem Kreislauf der Stoffe zurückgegeben. Aehnliche Ereignisse, im Kleinen allerdings, können noch jetzt eintreten. Theils zufällige Veränderungen im Laufe der Natur, theils menschliches Eingreifen können die Umstände, unter denen die Vegetation der Pflanzen und das Leben der Thiere steht, bald günstiger, bald ungünstiger gestalten. Die Ausrottung weitverbreiteter Wälder ändert in sehr bedeutendem Massstabe die Vegetation und lässt einen grossen Theil der Kohlensäure, die sonst zu ihrer üppigen Fortführung verwandt wurde, unbenutzbar werden. Noch viel mehr wird durch menschliche Eingriffe die Gleichförmigkeit der Mengenverhältnisse und der Verbreitung verschiedener Gattungen aufgehoben. Mit Cerealien, Kartoffeln und Fruchtbäumen, die in ungeheuerer Ausdehnung an die Stelle der natürlichen Bodenbedeckung getreten sind, ist der Entwicklung vieler anderer Pflanzengattungen ihr Spielraum geschmälert worden und noch mehr haben theils diese ausschliessliche Cultur einzelner Nahrungsmittel, theils die Zucht der Hausthiere und die Verfolgung wilder Gattungen die Menge und Verbreitung der übrigen Thiere wesentlich verändert. Man kann daher nicht wohl zweifeln, dass die Summe der lebendigen Wesen oder viel-

mehr die Summe der Masse, welche auf Erden in jedem Augenblick organisirt ist, nicht nur veränderlich überhaupt, sondern auch in einzelnen Zeiträumen verschieden in die einzelnen Gattungen und Reiche der lebendigen Wesen vertheilt ist, und es lässt sich nicht absehen, welche Grenzen namentlich der unmittelbare sowohl als der mittelbare Eingriff der menschlichen Cultur hier finden wird.

572. Von diesem Einfluss aber abgesehen, würde das Zusammenbestehen der organischen Schöpfung auch von der Geschwindigkeit abhängen, mit der die in einem von beiden Reichen gebundene Masse zur Disposition des andern zurückkehrt. Pflanzliche und thierische Bildungen entziehen dem allgemeinen Verkehr manche Stoffe auf längere Zeit, indem sie sie zu Verbindungen von festem dauerhaften Gleichgewicht verwandeln. Holz, Knochen, Haare und ähnliche Theile würden, wenn sie allein durch atmosphärische Verwitterung wieder benutzbar werden sollten, dem Dienste des Lebens lange fremd bleiben. Aber die Mannigfaltigkeit der Nahrungsbedürfnisse, namentlich der Thierwelt, verhütet dies. Nichts gibt es, was nicht von irgend einer Gattung mit Vorliebe oder ausschliesslich aufgesucht und verzehrt würde, und sie vereinigen sich in ihren Gesammtanstrengungen, um sowohl das Festeste zu zerstören, als das Zersetzliche und Faulende eher wieder zu organisiren, als es mit schädlichen Nebenwirkungen für die übrige organische Natur seinen Zerfall beendigen kann. Der Saft der süssen Früchte und die trocknen Samenkörner, das frische noch warme Fleisch und das stinkende Aas, thierisches Horn, Wolle und die härteste Holzfaser: alles wird von irgend einer Gattung aufgesucht und verzehrt. Besonders sind es auf dem Lande die Würmer und Insecten, die Alles zernagend oder aufsaugend, das zerflossene oder erstarrte Bildungsmaterial wieder sammeln und es theils durch ihre Athmung dem Luftkreis, theils indem sie selbst Beute der höhern Thiere werden, dem animalischen Lebenskreise zurückgeben. In dem Meere, in dem stets tausende von Organisationen zu Grunde gehn, scheinen es hauptsächlich die zarten Bildungen der Infusorien zu sein, die zuerst die faulenden Ueberreste oder mindestens ihre flüssigen Bestandtheile durch Einsaugung aus dem allgemeinen Medium entfernen, und so theils

einer fortschreitenden Verwesung zuvorkommen, theils für die Gefrässigkeit der Akalephen vorarbeiten, denen sie selbst sammt grösseren Resten abgestorbener Organismen zum Opfer werden.

573 Neben diesen Bemühungen der Natur, den Umtrieb organisirbarer Stoffe zu beschleunigen, stehen andere Einrichtungen, die verhüten sollen, dass nicht einseitig eine zu grosse Menge derselben der Herrschaft weniger Gattungstypen anheimfalle. Die Eingriffe des Menschen, wie wir bemerkten, suchen dies Gleichgewicht der Bildungstriebe mit Erfolg zu verändern, die Natur selbst dagegen strebt allen ihren Geschöpfen hinlängliche Sicherheit der Erhaltung ihrer Gattung zu gewähren. Jenen kleinen Thieren, deren kurzdauerndes, leichtstörbares Leben nie eine grosse Massenmenge binden kann, gestattete sie, in unzähligen Individuen zu existiren und sicherte ihre Fortdauer durch eine zahllose Menge der Eier, um so mehr, je veränderlicher die Bedingungen waren, unter denen ihre Entwicklung stattfinden sollte. Auch die einjährigen schnell vegetirenden Pflanzen zeigen meistens eine Menge der Samen, die bei perennirenden baumartigen Gewächsen äusserst selten ist. Die Fortpflanzung der Raubthiere ward durch die geringe Anzahl ihrer Jungen und langsamere Ausbildung, durch Feinde endlich, die ihnen in ihren frühesten vertheidigungslosen Entwicklungszuständen erweckt wurden, beschränkt, die der jagdbaren Opfer durch eine grössere Fruchtbarkeit geschützt. Bis in kleine Einzelheiten der Organisation hinab, bis zu den nach vorn sich öffnenden Ohrmuscheln der jagenden, den nach hinten gewandten der jagdbaren Thiere, zeigt sich diese Bestrebung der Natur, durch die Unparteilichkeit, mit der sie Waffen der Verfolgung und des Schutzes austheilt, die organische Masse in einem Gleichgewichte der Vertheilung unter die verschiedenen Gattungstypen zu erhalten. Und was zuerst nur als zweckmässige Veranstaltung erscheint, zeigt sich bei näherer Betrachtung fast stets als ein zugleich mechanisch nothwendiger oder bedeutsamer Zug der Organisation, zusammengehörig mit allen andern in der gemeinsamen Formel, welche den Lebensplan eines Geschöpfes umschliesst. Die Teleologie der frühern Naturwissenschaft hat diesen Gegenständen eine grössere Aufmerksamkeit geschenkt, als die Gegenwart. Unstreitig war jene frühere Auffassung, die hier überall sogleich und überall

nur die zweckmässigen und gütigen Einrichtungen der Vorsehung sah, unvollkommen und voreilig; denn gerade die moralische Betrachtung dieser Verhältnisse, die zu einer physiologischen Theodicee führen könnte, erwartet noch ihre Anfänge und findet wenig Vorschub in allen jenen Thatsachen, in denen man unmittelbar ebensowohl eine systematisirte Grausamkeit der Natur gegen ihre Geschöpfe sehen kann, die sie den grössten Qualen gegenseitiger Bekämpfung überliefert, und denen sie einen Lebensgenuss häufig nur durch die Martern eines andern Wesens zu verschaffen weiss. Zugänglicher für unsere menschliche Betrachtung ist die andere physische Aufgabe, die Zusammengehörigkeit aller einzelnen Züge der Organisation und der Lebensweise jeder Gattung nachzuweisen, und ihre annähernde Lösung haben wir von dem hoffentlich immer reger werdenden *Interesse* für vergleichende Physiologie zu erwarten.

574. Der Kreislauf der Stoffe, den das Reich des Lebendigen hervorbringt, beschränkt sich nicht allein auf jene Substanzen, die unmittelbar zum Dienste seiner Functionen berufen sind. Auch eine Menge mineralischer Bestandtheile werden durch Vegetation und Thierleben der Erdkruste entzogen und erfahren bald, mit organischen Materien verbunden, eigenthümliche Formbildungen, bald werden sie durch die Bewegungen der Thiere und den Eingriff des Menschen mannigfach über die Erdfläche dislocirt. Lassen wir die Veränderung in der Vertheilung der Massen ausser Acht, die durch die Bautriebe und die Industrie der menschlichen Cultur hervorgebracht wird, so sehen wir Pflanzen und Thiere beschäftigt, durch die blosse Thätigkeit ihres organischen Lebens die Oberfläche der Erde umzugestalten. Nackte Felsen und Bergkuppen, dem Meere abgewonnen, überzieht zuerst eine Flora der niedrigsten Pflanzen, die allmählich verwitternd, einen nahrungsreicheren Boden für höhere bereiten, und eine zusammenhängende Pflanzendecke erzeugen, welche bald manchem Thierleben zum Aufenthalte dienen kann. Korallenpolypen entziehen dem Meere grosse Mengen Kalk und verbinden sie in aufwärtsstrebenden baumartigen Formen, die nie aus der unorganischen Gestaltungskraft dieses Gesteins hervorgegangen wären. Unter dem Spiegel des Meeres angelangt, wird die verbreiterte Oberfläche dieser Verzweigung durch Schlamm

und Muschelgehäuse zu einem allmählich fester werdenden Boden ausgefüllt, auf dem in den Fluten treibende Früchte keimen und wachsen. So entstehn durch die vegetative Thätigkeit dieser kleinen Thierchen grünende Inseln des Weltmeers. In viel grösserer Ausdehnung haben uns frühere geologische Epochen der Erde Zeugnisse solcher Bildungen hinterlassen, und wieder sind es hier die kleinsten Organisationen, die kiesel- und kalkschaligen Infusorien und andere wenig höherstehende Gattungen, deren unglaublichen Mengen die Erdoberfläche viele hervorstechende Züge ihrer Gestalt verdankt. Polythalamien bilden ausgedehnte Kreidelager; Nummuliten setzen in der Umgegend des Mittelmeers ganze Gebirge zusammen; fast nur aus Schalen von Milliolen, deren mehrere Millionen eine Unze wiegen, besteht der Grobkalk, welcher das Becken von Paris füllt und seit Jahrhunderten zur Erbauung der Hauptstadt gedient hat. Gegen diese Wirkungen der organischen Bildungstriebe verschwindet Alles, was die bewusste Anstrengung intelligenter Kräfte hervorgebracht hat.

§. 48.

Von dem Verhältniss des Einzelnen zu dem Gesammtleben der Natur.

575. Wir haben die Einflüsse betrachtet, welche im Einzelnen die kosmischen Kräfte auf die organischen Körper ausüben, und haben die Stoffe, die dem Leben dienen, in ihrer beständigen Wanderung begleitet. Aber nicht nur in diesen einzelnen Beziehungen ist das organische Leben abhängig von der Gesammtheit der Natur, sondern wie jeder Theil eines Organismus, obgleich nicht selbst der Lebensform des Ganzen fähig, doch die wechselnden Stimmungen desselben als Veränderungen seiner eignen Thätigkeit irgendwie mitleidet, so soll auch das lebendige Reich überhaupt als Glied eines Gesammtlebens der Natur die abwechselnden Phasen desselben wiederspiegeln. Gewiss ist die Idee eines gemeinsamen Bandes, nicht nur des Nebeneinanderseins oder causaler Wechselwirkung im Einzelnen, sondern eines wesentlichen Zusammenhanges der Welt, dessen Sinn in jeder endlichen Erscheinung auch unmittelbar sich ausdrückt, auch für die allgemeine Physiologie ein Zielpunkt nothwendiger Untersuchung. Allein die Sehnsucht nach einer Anschauung, welche

mit dichterischer Tiefe und doch zugleich mit wissenschaftlichem Ernste jenes gemeinsame Band enthüllte, kann doch nicht selbst schon für die Erfüllung der Aufgabe gelten. In den vielfältigen Versuchen, welche eine neuere Richtung der Philosophie und philosophischer Naturbetrachtung gemacht hat, diesen idealen Zusammenhang der Natur aufzudecken, können wir aber in der That nur die poetische Sehnsucht, aber keine Befriedigung derselben erblicken. Die Züge, die man von dem Leben der Erde anzugeben wusste, erscheinen uns unbedeutend, die Sympathie, mit welcher das organische Leben sie wiederholen soll, entweder nicht vorhanden, oder deutlich auf eine unmittelbare causale Abhängigkeit desselben von den umfassenderen Veränderungen in der Lage des Erdballs zurückzuführen; für den mystischen Einfluss astralischer und tellurischer Constellationen, den die Phantasie sogern festhalten möchte, ist gerade in den Erscheinungen, auf welche die Speculation sich besonders mit ihren Versuchen der Interpretation beschränkt hat, wenig fester Boden zu finden. Der Wechsel der Jahres- und Tageszeiten ist für die Erde selbst kaum ein eingreifender Lebensprocess zu nennen, dessen Entwicklungsschwankungen das organische Leben sympathetisch theilte; die verschiedenen Einflüsse der Sonne, welche jene Perioden begleiten, berühren kaum mehr als die Oberfläche der Erde und sie lassen den inneren Erdkern unverändert als ein gleichgiltiges Substrat fortbestehn, dessen äusserliche Veränderungen das organische Leben als Bedingungen seiner Entfaltung benutzt. Wie wir auch unsere Phantasie anstrengen mögen, wir kommen nicht tiefer in das Innere der Sache, wenn wir willkührlich Spannungsverhältnisse und Polaritäten zwischen Erde und Sonne, Gehirn und Sympathicus erdichten, und der Umkehrung dieser Verhältnisse im Makrokosmus eine ähnliche im Mikrokosmus folgen lassen. Die Unmöglichkeit, die Realität dieser Träume in irgend einer deutlichen und anschaulichen Erscheinung nachzuweisen, überzeugt uns zuletzt, dass auf diesem Wege zwar Langweiliges viel, aber nichts Tiefsinniges zu erreichen ist.

576. Eine Thatsache wird man uns einwerfen. Zwar das Entschlummern der Vegetation und manches Thierlebens im Winter sei deutlich von dem Zurückweichen ihrer Lebensbedingungen abhängig; aber der gewöhnliche Schlaf wenigstens beweise ei-

nen periodischen Tiefstand der Lebenskraft, der von äussern Einflüssen nicht sowohl abhängig sei, als vielmehr ein sympathisches Gegenbild des Schlummers der übrigen Natur. Man hat dies freilich oft behauptet; gleichwohl ist nicht einzusehn, worin dieser entsprechende Schlaf der übrigen Natur bestehn soll. Die Stürme gehn Nachts wie Tags ihren Weg; keine Bewegung und Veränderung des Luftkreises, kein chemischer Process, nicht einmal der Einfluss des Lichtes ist durchaus von der Stille der Nacht ausgeschlossen. Die Thierwelt wiederholt nicht in ihrem Schlafe diese Ruhe der Natur, sondern erzeugt sie durch denselben. Und auch das ja nicht allgemein. Es gibt vielmehr keine Stunde der Nacht und des Tages, in welcher nicht die Lebendigkeit irgend einer Thierklasse erwachte oder ihren Höhepunkt erreichte, und wenn die Mehrzahl derselben allerdings an ein Leben im Lichte gebunden ist, so liegt die Zweckmässigkeit dieser Einrichtung nahe genug, um die Annahme mystischer Sympathien mit dem „kosmisch-tellurischen Spannungsverhältniss der Sonne" überflüssig zu machen. Die Erscheinung des Schlafes ist übrigens räthselhaft genug; wir müssen uns vorbehalten, in der Physiologie des geistigen Lebens auf sie zurückzukommen. Denn was das körperliche Leben betrifft, so war es kaum nöthig, die nur sehr oberflächlich bekannten Veränderungen anzuführen, die es während des Schlummers erleidet, hauptsächlich da die ökonomische Nothwendigkeit dieser lang dauernden und oft wiederkehrenden Pause in den meisten animalischen Verrichtungen uns bisher gänzlich unbekannt ist. Leicht ist es zu sagen, dass die Lebensthätigkeit sich erschöpfe und eines Wiederersatzes durch Ruhe bedürftig sei; schwer dagegen wird der Nachweis sein, warum der Wiederersatz nicht stetig, ohne so vollkommne Unterbrechung der Leistungen erfolgen konnte oder sollte. Wir begreifen den Nutzen, aber nicht die Nothwendigkeit, das Nützliche auf diesem Wege zu verwirklichen. Wir wissen übrigens, dass das wirkliche Eintreten des Schlafes nicht auf jene Erschöpfung der Kräfte wartet, sondern durch Gewohnheit und zum Theil durch den Einfluss des Willens an jede beliebige Zeit gebunden werden kann. Das Bedürfniss, dem der Schlaf abhelfen soll, ist also nicht zugleich das einzige physische Motiv, das ihn hervorbringt.

577. Wir wollen ebenso wenig weitläufig sein über eine

Digitized by Google

Anzahl periodischer Schwankungen in den physiologischen Verrichtungen, die man beobachtet, ja selbst auf ihre kosmischen Ursachen zurückgeführt zu haben glaubt. Wären selbst die Thatsachen zweifellos, so würde es doch wenig Werth für die allgemeine Physiologie haben, zu wissen, dass in den Frühlings- und Sommermonaten die Transspiration steigt, die Harnabsonderung sinkt, und der umgekehrte Fall in den kältern Jahreszeiten eintritt; dass im Winter der Körper an Gewicht zunimmt, im Sommer ab; dass in der Nacht das bildende Leben thätiger sein soll, als am Tage; dass zu gewissen noch immer viel bestrittenen Stunden Maxima und Minima der Pulsfrequenz eintreten, dass mit abnehmendem Monde die Resorption, mit zunehmendem die plastische Anbildung wachse; dass das Frühjahr die meisten, der Herbst die wenigsten Conceptionen und Todesfälle mit sich bringe. Alle diese Erscheinungen, vorausgesetzt, dass sie richtig beobachtet sind, unterliegen einem zu verwickelten Complex von Umständen, als dass man sie zum Beweise einer sympathischen Periodicität des organischen und des tellurischen Lebens benutzen dürfte. Sie mögen zum Theil directe Wirkungen äusserer Einflüsse sein, zum Theil aber auf immanenten Periodicitäten beruhen, welche der Lauf des organischen Lebens, nicht einem ähnlichen Cyclus des Erdlebens, sondern einer gewissen Wiederkehr günstiger benutzbarer Umstände entsprechend, aus sich selbst entwickelt; zum allergrössten Theile sind sie wahrscheinlich nur sehr vermittelte Folgen, welche diese beiden angeführten Kreise von Ursachen unter der Verkettung der künstlichen Lebensverhältnisse des menschlichen Geschlechtes herbeiführen müssen. Nur eine gleich ausführliche Statistik über die natürliche Lebensgeschichte ungezähmter freilebender Thiere könnte einen physiologischen Werth haben, der dem gliche, welchen jene Beobachtungen zum Theil wenigstens für die vollendete Thatsache des socialen Lebens der Menschen besitzen.

578. Dennoch gibt es Thatsachen, welche zu jenem Gedanken eines allgemeinen Naturlebens zurückführen, das aus sich selbst heraus alle einzelnen Erscheinungen gleichzeitig entwickelt. So wie wir in dem Keime eines organischen Wesens die verschiedenen Glieder scheinbar unabhängig und doch so entstehen sehen, dass sie ausgebildet sich zu dem gesetzlichen

Ganzen einer typischen Organisation zusammenschliessen, so sehen wir tausendfach auch im grossen Ganzen der Natur einzelne Wesen, auf die bestimmtesten, engbegrenzten Bedingungen ihrer künftigen Existenz berechnet, sich fröhlich und unabhängig gestalten und der Naturlauf verfehlt nicht, die Umstände, auf die sie hofften, wirklich nachzuerzeugen. Mit dem Ausschlüpfen des Wurmes aus seinem Eie bilden sich auch die ersten zarten Pflanzenkeime zu seiner Nahrung; wenn das junge Insect seine Puppe durchbricht, sprossen zugleich die Blätter der bestimmten Baumart, die zu seinem Aufenthalte dienen wird; wenn Umwälzungen der Jahreszeit bevorstehn, die die Fortdauer derselben Lebensweise gefährden, bemächtigen sich die Wandertriebe oder jene wunderbaren Vorgefühle der thierischen Seele, durch welche sie zur Vorbereitung der nächsten Verwandlung, zur Einpuppung, zur Häutung, zur Mauser, schickliche Orte und Bedingungen aufsucht. Gleiche Vorgefühle leiten das Geschäft der Fortpflanzung; mit den mannigfachsten Instincten sichern die Thiere ihrer Brut eine Lagerungsstätte, in der sie den erweckenden Lebensreizen aufs günstigste ausgesetzt, und mit Nahrung so wie mit den speciellsten Bedürfnissen, welche die eigenthümliche Lebensweise ihrer Gattung erfordern kann, versehen sind. Zur rechten Zeit, wenn der Pollen der Antheren diöcischer Pflanzen reift, treten die Winde oder Wellen hinzu, um ihn der weiblichen Blüthe zuzuführen, Insecten, den Honigsaft der Blumen aufsuchend, übernehmen es, die Befruchtung des vegetabilischen Reiches durch Verbreitung des Blüthenstaubes zu befördern. So verflechten sich im Laufe der Natur unzählige Fäden, die zuerst unabhängig angeknüpft schienen, zu einem überall sinnvollen Gewebe, und erwecken uns die Ahnung eines einzigen, Alles zusammenhaltenden und überwachenden Bildungstriebes, dessen gleich unmittelbare Aeusserung jedes einzelne Leben ist. Gewiss müssen wir allerdings für die erste Begründung dieser in sich zusammenstimmenden Welt an die Einheit des schaffenden Princips glauben, in welcher die Einheit des Weltplanes allein ihren Ursprung finden kann. Doch reichen die erwähnten Erscheinungen nicht hin, mit gleicher Nothwendigkeit ein noch fortwährendes Wirken jenes einheitlichen Lebens, oder die noch fortdauernde Existenz eines Gesammtlebens der Erde zu beweisen, welches mehr als das

harmonische Resultat jener unzähligen einzelnen Bildungstriebe wäre. Einmal zu gegenseitiger Wechselwirkung angeordnet, erhalten sich diese einzelnen Lebenskreise durch die immanente Periodicität ihres mechanischen Lebenslaufs stets in jenen aufeinander berechneten Bahnen, in welchen sie für den ersten Blick nur durch eine höhere Alles umfassende Einheit der Macht getrieben, sich zu begegnen scheinen. Und überdies werden sie durch stets wiederkehrende regulirende Einflüsse in ihren Beziehungen erhalten. Der Umlauf der Jahreszeiten bringt bei einer bestimmten Stellung der Erde eine Summe von Bedingungen herbei, die zugleich das Thier und zugleich die Pflanze, die sein Wohnort sein wird, entwickeln. Keines braucht vom andern, die allgemeine Macht aber, auf welcher ihre correspondirende Entwicklung beruht, braucht von keinem von beiden zu wissen. Eine im Jahresverlauf sich allmählich abwickelnde Reihe physischer Zustände dient der Entfaltung unzähliger Entwicklungscurven als gemeinschaftliche Abscissenlinie. An jedem Punkte dieser Abscissen stehen die zu ihm gehörigen Ordinaten der verschiedenen Entwicklungscurven in Verhältnissen, deren Teleologie durch die beständigen Gleichungen der Curven und ihren gemeinsamen Anfangspunkt einmal für immer festgestellt ist. Soweit wir daher in jener Reihe der bedingenden physischen Veränderungen gesetzlose Wechsel eintreten sehen, wie dies z. B. in Bezug auf die Witterungsverhältnisse wenigstens für beschränkte Ländergebiete der Fall ist, oder so weit die Willkühr der lebendigen Wesen im Einzelnen unberechenbar einwirkt: so weit sehen wir auch Schwankungen in dem Bestande des organischen Lebens, und die gegenseitige Anpassung der äussern Bedingungen und der Entwicklungsstufen des Lebendigen fehlt. Viele Thiergattungen gehen durch verspäteten Frühling und Dazwischenkunft neuen Winterwetters fast zu Grunde; die Fruchtbildung der Bäume schwankt in einzelnen Jahren in sehr weiten Grenzen; nur die einmal eingerichtete Ueberzahl der Samen, die beide bilden, bewirkt die Wiederausbreitung des Stromes der Lebendigkeit, der sich zeitweilig in ein enges und schmales Bett zusammengezogen hat.

579. Ein fortdauerndes Gesammtleben der Natur, welches nicht nur die jedesmalige Summe der Einzelleben wäre, fände

nur statt, wenn sich Processe der Compensation zeigten, wenn also die Störungen, die irgend eine Lebensentwicklung bedrohten, von andern Punkten der Natur her ausgleichende Rückwirkungen erzeugten, indem alle Einzelleben gleich den Theilen eines Körpers, sich in einer Wechselwirkung befänden, welche die Abweichungen des einen zum Druck für andre werden liessen. Auch solche Erscheinungen fehlen nicht; sie kommen zahlreich in der Statistik der physischen und moralischen Verhältnisse der menschlichen Gesellschaft vor. Lassen wir von diesen Thatsachen alle die beiseit, in welchen die rückwirkende Compensation zum Theil wenigstens durch gesellschaftliche Beziehungen des Lebens entsteht, so bleibt ein Phänomen übrig, das wir nur von einem Zusammenhang organisirender Naturkräfte ableiten können, die Constanz der Geschlechter nämlich, die sich stets in einem für die Fortpflanzung der Gattung zweckmässigen Verhältnisse erzeugen. Brächte jedes Paar einer Thierspecies, wie dies für einige der Fall sein mag, stets männliche und weibliche Nachkommen in bestimmter Proportion hervor, so würde dieses Phänomen unter den vorigen Gesichtspunkt einer Beständigkeit zurückfallen, die in dem Bildungstriebe des einzelnen Organismus ihren Grund hätte. In dem menschlichen Leben ist dies entschieden nicht der Fall; die Proportion, welche die Fortdauer der Geschlechtsdifferenz und der Gattung sichert, findet nur im Durchschnitt sehr grosser Anzahlen statt; das einzelne Paar weicht in seinen Erzeugungen weit von ihr ab. Wir wissen nicht, wovon das Geschlecht des Embryo abhängt, und haben keine Ahnung der Mittel, durch die die Natur die locale Ueberzahl männlicher Geburten durch eine Steigerung weiblicher an einem andern Orte ausgleicht. Doch da die Thatsache feststeht, so müssen wir ohne Zweifel an eine über das einzelne Individuum hinausgehende Kraft der Natur glauben, welche den Bestand der Gattung regulirt. Die Betrachtung des geistigen Lebens wird uns ähnliche Räthsel darbieten. Dennoch wird sich zeigen, dass die Vorgefühle, die Instincte, welche die Thiere auf zukünftige Veränderungen der äussern Bedingungen oder auf die Bedürfnisse der Gattung Rücksicht nehmen lassen, nicht ohne physische Vermittlungen sind. Sie hängen theils vom immanenten Ablauf ihres Lebens als regelmässige durch körperliche Entwicklungsstufen

herbeigeführte Epochen ihrer psychischen Ausbildung ab, theils von unmittelbaren Wechselwirkungen mit der Aussenwelt, die uns entgehen, weil sie nicht die Form der Leistungen unserer eignen Sinnesorgane haben. Die Constanz der Geschlechter macht eine ähnliche Erklärung schwierig. Gleichwohl kann uns dieses auffallende Phänomen nicht zu einer Umgestaltung der Principien bewegen, denen wir bisher in der Betrachtung des Lebens gefolgt sind. Wir sprechen vielmehr nur etwas sich von selbst Verstehendes aus, wenn wir behaupten, dass auch für diese Erscheinung eine mechanische Erklärung möglich und nothwendig sei. Denn sobald nicht nur ein Parallelismus unabhängiger Entwicklungen, sondern eine Compensation der Abweichungen der einen durch Umgestaltung der andern stattfinden soll, so muss nothwendig das gemeinsame Band, welches beide umschliesst, sensibel für jene Abweichungen sein und durch den Eindruck, den es von ihnen erfährt, zur Erzeugung der compensirenden Thätigkeit gezwungen werden.

Wir haben die Erscheinungen des Lebens nun bis zu diesem Schlusspunkte verfolgt, der uns eine natürliche Veranlassung gibt, auf die befolgten Principien der Beurtheilung und auf die Wege der Untersuchung, die sich für die Zukunft hie und da zu eröffnen schienen, einen kurzen Blick zurückzuwerfen. Nicht Alles, was von allgemeinen Gesichtspunkten aus überhaupt an dem Leben würdiger Gegenstand der Betrachtung sein kann, ist Gegenstand der unsrigen gewesen; der ungemeine Reichthum merkwürdiger Verhältnisse hat uns zu einer Theilung der Arbeit genöthigt, die wahrscheinlich noch lange das Zerfallen der Biologie in verschiedene Wissenschaften unvermeidlich machen wird. Wir haben in dem ersten Buche unserer Ueberlegungen so umfassend, als es uns gelingen wollte, die möglichen Standpunkte zu verzeichnen gesucht, die an die Betrachtung des Lebens überhaupt ein Recht haben; aber wir sind im Verfolg mit Vorliebe darauf ausgegangen, einerseits die mechanischen Zusammenhänge aufzusuchen, welche die Lebenserscheinungen vermitteln, anderseits die Combination mechanischer Mittel, deren die Natur sich zur Erzeugung des Lebens zu bedienen pflegt, in ihren eigen-

thümlichen allgemeinen Formen hervorzuheben. Es kam gleichzeitig darauf an, den Organismus als Maschine, und diese Maschine als eine organische darzustellen. Wir sind deshalb theilnahmlos an vielen Einzelheiten chemischer und physikalischer Untersuchungen vorübergegangen, die für die specielle Physiologie sehr grossen Werth haben mögen, für die allgemeine dagegen sehr geringen besitzen, da sie nur beweisen, was sich für uns von selbst verstand, dass nämlich alle organischen Processe den physischen Naturgesetzen gehorchen, nicht aber zeigen, was wir gern gewusst hätten, wie in jedem Falle diese physischen Verhältnisse zu einer physiologisch werthvollen Arbeit benutzt werden. In dieser Hinsicht wird die allgemeine Physiologie so lange sehr unvollkommen bleiben, bis ihr eine hinlänglich ausgebildete vergleichende Physiologie zur Seite steht. In den Verhältnissen des Lebens durchkreuzen sich überall die allgemeinen festgehaltenen Typen der Bildung mit den teleologischen Anforderungen specifischer Bedürfnisse. Die vergleichende Physiologie, auf den Bau und die Functionen des Körpers gleich sehr, wie auf die Lebensweise der Geschöpfe Rücksicht nehmend, muss uns lehren, welchen Spielraum der Accommodation diese Typen gestatten, und durch welche Modificationen sie zu dem zusammenstimmenden Ganzen einer einzelnen Geschöpfgattung ausgearbeitet werden können. Die allgemeine Physiologie muss von dem eigenthümlichen Bauplane absehen, nach welchem die überall verwendbaren Materialien, die sie untersucht, die Stoffe, Kräfte und Processe, zu einem bestimmten Gebäude verwandt werden; aber ohne eine ausgedehnte Uebersicht über diese Plane versteht sie ohne Zweifel häufig auch die Form der Bausteine nicht, die schon mit Rücksicht auf sie gebildet ist. Neben dieser Aufgabe steht die andere, den ästhetischen idealen Werth jener eigenthümlichen Züge darzustellen, die gleich allgemein und gleich fein individualisirt, wie die ökonomischen Grundlagen der Organisation, sich durch das ganze Gebiet des Lebens hindurch verfolgen lassen. Auf dieses Grenzgebiet zwischen Aesthetik und Physiologie hoffen wir bei anderer Gelegenheit zurückzukommen. Soweit endlich das Leben über die ästhetische Anschauung hinaus eine speculative verlangt oder zulässt, müssen wir einen gedeihlichen Anfang von einer völligen

Umgestaltung unserer Naturphilosophie abhängig machen. Die Principien unserer mechanischen Betrachtungsweise der Dinge sind nicht die letzten und wahren Gründe des Geschehens, sondern Abbreviaturen derselben. Ihre durchgängige Anwendung auf die Erscheinungen des Lebens muss der erste nothwendige, aber darf nothwendig nicht der letzte Schritt sein. Wir halten es für eine unerlässliche Aufgabe, von einem speculativen Standpunkt aus zur Rechtfertigung dieser praktischen Anwendung derselben zu streben. Diese Arbeit ist weder eines Tages, noch eines Mannes. Gelänge sie, so würde dieser unvollkommne Umriss allgemeiner Physiologie, den wir jetzt beendigen, durch Zurückführung der Erscheinungen auf die wahren und echten Wirksamkeiten der Dinge denjenigen grössere Befriedigung gewähren, deren Wunsch, neben den äussern Zusammenhängen auch das innere Band der Ereignisse kennen zu lernen, für den gegenwärtigen Zustand unserer Erkenntniss zu ungeduldig ist.

Druck der Universitätsbuchdruckerei von E. A. Huth in Göttingen.

Digitized by Google